

E.T.S. de Ingeniería Industrial,  
Informática y de Telecomunicación

# Estudio y planificación para la implementación de una Red WiFi sobre una parte del Camino de Santiago que transcurre por Navarra



Grado en Ingeniería  
en Tecnologías de Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

David Romero San Martin

Dr. Francisco Javier Falcone Lanas

Pamplona, 26 de Junio de 2014



## Resumen

En este Trabajo se plantea la posibilidad de implementar una red de comunicación, basada en el estándar 802.11, en una parte del Camino de Santiago que comprende desde Roncesvalles, situado al norte de la Comunidad Foral de Navarra, hasta la frontera entre España y Francia.

Hoy en día en la zona no se dispone de ningún sistema de comunicación capaz de ofrecer servicios de telefonía o de mensajería para que los peregrinos que circulen por esta parte de la etapa puedan contactar con el exterior en caso de tener algún tipo de emergencia. Por ello, se ha evaluado y diseñado un sistema de comunicaciones de bajo coste adaptado a la problemática del entorno de la zona, con un sistema de producción y almacenamiento eléctrico mediante placas solares que hace de él un sistema autónomo e independiente de alimentación eléctrica externa.

Por lo tanto el objetivo principal sobre el cual se cimienta este Trabajo es el de reducir el número de accidentes e incluso de muertes durante esta dura etapa del Camino de Santiago, proporcionando a los peregrinos un servicio de conexión a Internet con posibilidad de poder contactar con los servicios de emergencias (112).

## Abstract

This essay evaluates the possibility of implementation of a communication network based on 802.11 in a part of St. James' way which covers from Roncesvalles, situated in the north of Comunidad Foral de Navarra, to the border between Spain and France.

Nowadays there is no available communication system capable of providing telephone service or courier for pilgrims traversing this stretch part to let them contact outside in case of emergency. As a result, a low-cost communications system adapted to the environment problem of the area has been evaluated and designed. It includes a production system and electrical storage by solar panels, resulting in an autonomous and independent system of external power.

Therefore, the main objective of this essay is to reduce the number of accidents and deaths during this St. James' way difficult stretch, providing pilgrims with Internet service in order to supply the possibility of contacting the emergency services (112).

## Lista de Palabras Clave

**IEE 802.11**

**WiFi**

**WLAN**

**P.I.R.E (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente)**

**Punto de Acceso**

**Cobertura**

**Radioenlace**



## INDICE DE CONTENIDO

<b>1. Introducción .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>11</b>
2.1. Objetivos Principales .....	11
2.2. Objetivos Secundarios.....	11
<b>3. Estado del Arte .....</b>	<b>12</b>
3.1. Aspectos relevantes .....	12
3.2. Estándar IEEE 802.11.....	13
3.2.1. La Capa Física 802.11.....	13
3.2.2. La Capa de Enlace 802.11.....	16
3.2.3. Arquitectura de la Red WLAN 802.11 .....	18
<b>4. Estudio y Resolución del problema .....</b>	<b>19</b>
4.1. El Problema .....	19
4.2. La Solución.....	22
4.3. Arquitectura de la Red de Transporte.....	22
4.3.1. Transporte de la conexión de Internet hasta Ibañeta.....	23
4.4. Arquitectura de la Red de Acceso .....	24
4.5. Resultados de la simulación .....	28
4.5.1. Radioenlace Ibañeta – Lepoeder.....	28
4.5.2. Radioenlace Lepoeder – Izandorre .....	29
4.5.3. Radioenlace Izandorre – Roldan-Bentarte.....	30
4.6. Resumen de los Radioenlaces .....	32
4.7. Estudio de la Cobertura.....	32
<b>5. Sistema de Alimentación.....</b>	<b>35</b>
<b>6. Infraestructura.....</b>	<b>36</b>
6.1. Lepoeder .....	38
<b>7. Equipos .....</b>	<b>40</b>
7.1. Ubiquiti AirGrid M5 .....	40
7.2. Ubiquiti NanoStation M5 .....	41
7.3. Ubiquiti Bullet Titanium M2 HP .....	41

<b>8. Configuración de los equipos.....</b>	<b>43</b>
8.1 Configuración de Red .....	45
8.2. Configuración Inalámbrica .....	47
8.3. Configuración Avanzada.....	49
8.4. Configuración de Servicios .....	49
8.5. Configuración de Sistema.....	49
8.6. Configuración de airMAX .....	50
<b>9. Justificación de Viabilidad .....</b>	<b>51</b>
9.1 Políticas de Apoyo .....	51
9.2. Tecnología adecuada.....	52
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>53</b>
<b>11. Próximas líneas de trabajo .....</b>	<b>54</b>
<b>12. Referencias .....</b>	<b>55</b>
<b>13. Anexos .....</b>	<b>56</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Camino de Santiago, zona de Navarra. Imagen obtenida de Google Earth .....	9
Figura 1.2: Desnivel durante la 1ª etapa del Camino de Santiago [15].....	10
Figura 3.1: Asignación de canales (izq.) y frecuencias (derecha) en FHSS [13].....	13
Figura 3.2: Señal en frecuencia y en tiempo de la original (azul) y de la ensanchada (roja) [12]14	14
Figura 3.3: Espectro de una señal empleando OFDM con 6 sub-portadoras [14] .....	14
Figura 3.4: Diagrama CSMA/CA genérico (izq.) y Diagrama DCF en 802.11 (derecha) .....	17
Figura 3.5: Competencia por acceder al medio de comunicación entre varios dispositivos.....	18
Figura 4.1: Refugio de Izandorre: Lugar donde se encuentra la radio de emergencia .....	19
Figura 4.2: Roncesvalles, Ibañeta y Lepoeder. Imagen obtenida de Google Earth.....	20
Figura 4.3: Torres de Ibañeta y Telefónica vistas desde el Collado de Lepoeder .....	20
Figura 4.4: Peregrinos andando cerca de Roncesvalles un día de nevada [11] .....	21
Figura 4.5: Torre de Ibañeta.....	22
Figura 4.6: Parte de la Red MPLS. Imagen proporcionada por el Gobierno de Navarra.....	23
Figura 4.7: Equipo ubicado en Ibañeta desde el cual se obtendrá la conexión a Internet .....	24
Figura 4.8: Puntos de la Red de Acceso. Imagen obtenida de Google Earth .....	25
Figura 4.9: Perfil de paso obstruido entre Ibañeta e Izandorre .....	25
Figura 4.10: Parámetros de configuración para los Radioenlaces .....	27
Figura 4.11: Enlace Ibañeta - Lepoeder.....	28
Figura 4.12: Enlace Lepoeder - Izandorre .....	29
Figura 4.13: Enlace Izandorre - Roldan .....	30
Figura 4.14: Enlace Izandorre - Bentarte.....	31
Figura 4.15: Cobertura WiFi en el Camino de Santiago. Imagen obtenida de Google Earth .....	33
Figura 6.1: Posible Infraestructura a implementar .....	36
Figura 6.2: Maqueta Lepoeder. Propuesta 02 .....	37
Figura 6.3: Maqueta Lepoeder. Propuesta 01 .....	37
Figura 6.4: Maqueta Izandorre. Propuesta 02 .....	37
Figura 6.5: Panel Informativo ubicado en la Propuesta 01 de Lepoeder.....	38
Figura 6.6: Distancia entre los equipos y la caseta. Imagen obtendia de Google Earth .....	39
Figura 7.1: Ubiquiti AirGrid M5 .....	40
Figura 7.2: Ubiquiti NanoStation M5 .....	41
Figura 7.3: Ubiquiti Bullet Titanium M2 HP .....	42
Figura 7.4: Ubiquiti Bullet M2 con una antena omnidireccional .....	42
Figura 8.1: Conexionado NanoStation M5 .....	43
Figura 8.2: Conexionado airGrid M5 .....	43
Figura 8.3: Conexionado Bullet Titanium M2 HP .....	43
Figura 8.4: Asignación de dirección IP al PC.....	44
Figura 8.5: Ejemplo Radioenlace Ibañeta – Lepoeder mas Punto de Acceso en Lepoeder .....	45
Figura 9.1: Proyecto SAFER PYRENEES.....	51

## INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Variantes del estándar original 802.11 [10] .....	15
Tabla 3.2: P.I.R.E máxima para las bandas de 2.4 y 5 GHz .....	15
Tabla 4.1: Coordenadas de los Puntos de Acceso WiFi.....	26
Tabla 4.2: Resumen de los parámetros de los Radioenlaces y de sus equipos.....	32
Tabla 8.1: Configuración Equipos WiFi Ibañeta - Lepoeder .....	46
Tabla 8.2: Configuración Equipos WiFi Ibañeta - Lepoeder .....	46
Tabla 8.3: Configuración Equipos WiFi Izandorre - Roldan/Bentarteia .....	46
Tabla 8.4: Configuración Inalámbrica de los tres tipos de dispositivos Ubiquiti .....	47
Tabla 8.5: Configuración de Sistema para los equipos involucrados en Ibañeta-Lepoeder .....	49
Tabla 8.6: Configuración airMAX para los distintos radioenlaces y Puntos de Acceso.....	50

## 1. Introducción

En este Trabajo se estudia la posibilidad de implementación de una red de comunicaciones en una parte del Camino de Santiago. Esta parte comprende desde Roncesvalles, situado al norte de la Comunidad Foral de Navarra, hasta la frontera entre España y Francia, aunque la etapa completa se extiende desde Roncesvalles a San Juan Pie de Port (Francia). Se trata de una red WiFi de larga distancia basada en el estándar de telecomunicaciones IEEE 802.11. Este tipo de tecnología se impone ante otras debido principalmente a su bajo coste y a su efectividad.



Figura 1.1 Camino de Santiago, zona de Navarra. Imagen obtenida de Google Earth.

Debido a la orografía del terreno así como a los problemas derivados en cuanto a impacto visual, causados por la instalación de equipamiento o construcción de elementos de soporte, hacen que se trate de una red compleja desde el punto de vista de implementación.

Hay que recordar que dicha etapa del Camino de Santiago se encuentra regulada en cuanto a obras públicas y mantenimiento del mismo por el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local de la Comunidad Foral de Navarra [1]. Por lo tanto, se debe realizar un buen estudio del entorno de tal manera que visualmente todo lo que se instale afecte lo menos posible.

Actualmente en esta zona del Camino de Santiago no existen medios de telecomunicaciones que permitan a los peregrinos realizar una llamada de voz o enviar un mensaje, por lo que resulta muy complicado efectuar cualquier tipo de rescate en el caso de que alguno de ellos se pierda o tenga algún incidente. A lo largo de los últimos cinco años cuatro muertes y más de cincuenta intervenciones anuales han tenido lugar en dicha etapa, haciéndola sin ninguna duda la etapa más peligrosa del Camino de Santiago.

Los incidentes más graves son causados por hipotermia, equipamiento inadecuado, traumatismo por caídas, infartos, agotamientos y el extravío por desorientación. Las causas de estos incidentes hay que buscarlos básicamente en una mala preparación física así como en el desconocimiento de la dureza de la etapa (más de 1200 metros de desnivel). Además, esta etapa suele ser la primera para la mayoría de los peregrinos, lo que hace que el peso de las mochilas sea excesivo. A todo esto hay que añadir el factor meteorológico. No se trata de un recorrido de alta montaña, pero la ruta transcurre por los Pirineos, por lo que la nieve, la lluvia, los vientos y la niebla se mantienen durante buena parte del año, alcanzando incluso temperaturas en invierno inferiores a los veinte grados bajo cero [2].

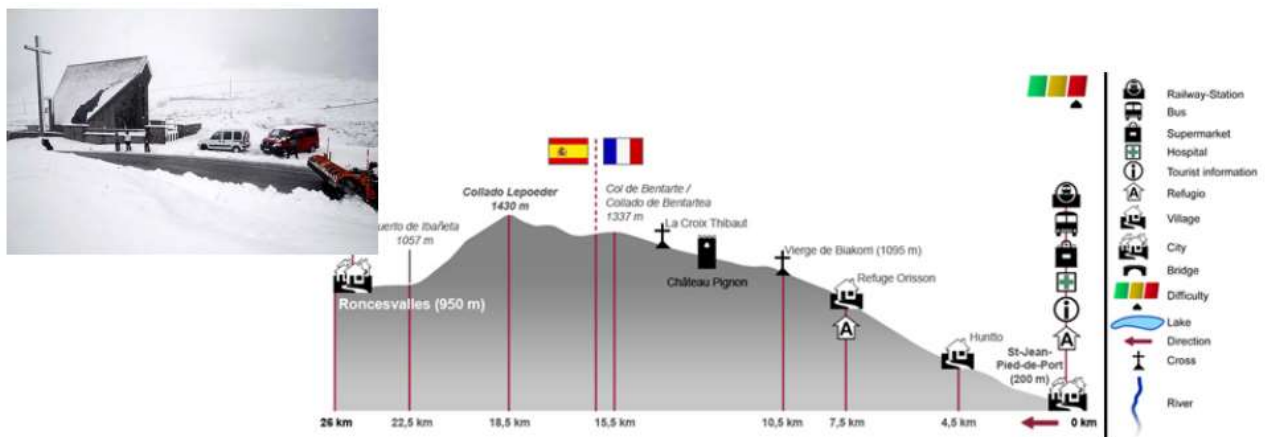


Figura 1.2: Desnivel durante la 1ª etapa del Camino de Santiago [15].

Es obvio que los peregrinos no llevan un equipamiento adecuado para poder superar todas estas dificultades, por ello se hace necesario la implementación de un sistema de comunicaciones que les permita comunicarse con el exterior, realizar llamadas a los equipos de rescate. Por ello, se ha evaluado y diseñado un sistema de comunicaciones de bajo coste adaptado a la problemática del entorno.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivos Principales

1. Dotar a los peregrinos y en general a cualquier persona que desee circular por este recorrido de un sistema de comunicaciones que les permita navegar por Internet, con el objetivo de que puedan tener información en tiempo real para así evitar en mayor medida el extravío de los mismos y poder contactar con el 112 en caso de que tengan algún tipo de accidente.
2. Ofrecer una herramienta adicional a la Agencia Navarra de Emergencias para que así los equipos de rescate sean capaces de reducir el radio de búsqueda y por tanto actuar con la mayor brevedad posible.
3. Diseñar una red de comunicaciones de bajo coste con su respectivo sistema de producción y almacenamiento eléctrico mediante un sistema fotovoltaico que hace de él un sistema de alimentación eléctrico externo, totalmente independiente y auto sostenible.

### 2.2. Objetivos Secundarios

1. Ofrecer a los peregrinos que quieran emplear esta Red información acerca del recorrido de la etapa así como de las condiciones meteorológicas que haya, para que puedan actuar en consecuencia y evitar o reducir posibles incidentes.
2. Llevar un seguimiento sobre la cantidad de peregrinos que circulan a lo largo del día y así poder elaborar un estudio y hacer las estadísticas necesarias con el objetivo de concienciarnos de la cantidad de gente que pasa por esta etapa y tomar las medidas oportunas.

### 3. Estado del Arte

Para cumplir los objetivos descritos anteriormente se va a implementar una red inalámbrica basada en el estándar de telecomunicaciones IEEE 802.11, también conocido como WiFi. Para ello se va a proceder a definir el concepto de “red inalámbrica”, en que consiste y cuáles son las características principales de dicho estándar, que hacen que se haya elegido esta tecnología frente a otras.

#### 3.1. Aspectos relevantes

Una red inalámbrica es un sistema de comunicación de datos que proporciona conexión inalámbrica entre equipos situados dentro del misma área (interior o exterior) de cobertura. En lugar de utilizar el par trenzado, el cable coaxial o la fibra óptica, utilizado en las redes LAN convencionales, las redes inalámbricas transmiten y reciben datos a través de ondas electromagnéticas usando el aire como medio de transmisión [3].

Como tecnología inalámbrica, es importante darse cuenta de que tiene un carácter radioeléctrico, es decir, los sistemas basados en este tipo de tecnología emiten al espacio ondas electromagnéticas. Por ello obliga a cumplir una serie de especificaciones, alguna de ellas son las siguientes.

- Cumplimiento de la normativa vigente sobre las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a estas emisiones, contenidas en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, y en la Orden CTE/23/2002, de 11 de enero.
- Las redes WiFi, al emplear una banda libre (banda de frecuencias del espectro electromagnético en la que cualquier persona puede transmitir sin necesidad de tener permiso. La utilización del espectro electromagnético depende de cada país y está homologado y regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones) su despliegue debe realizarse de acuerdo con los parámetros técnicos contenidos en la norma UN-85 y UN-128 del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).

El cuidado de los aspectos relacionados con la seguridad de las comunicaciones y del control de acceso, temas que son de especial importancia en la tecnología WiFi. Dado que se trata de una red inalámbrica, el acceso a ellas se extiende más allá de la ubicación del equipo, pudiendo hacer a este tipo de redes vulnerables al intento de conexión por parte de terceras personas.

La eclosión que están teniendo actualmente los sistemas inalámbricos, y en general WiFi, está posibilitando la extensión de dichas redes, no solo tanto en ambientes privados: campus universitarios, entornos hospitalarios... como en ambientes públicos: hoteles, cafeterías, aeropuertos... sino que también se han realizado múltiples implementaciones adaptadas a larga distancia y enlaces con capacidad de banda ancha. La mayor parte de ellas son empleadas para el desarrollo en zonas rurales desfavorecidas con el objetivo de proveer a un grupo de personas o a una población de una herramienta adicional como puede ser tener una conexión a Internet.



### 3.2. Estándar IEEE 802.11

El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) se trata de una asociación mundial de técnicos e ingenieros dedicados a la estandarización y al desarrollo en áreas técnicas, que van desde ingeniería en computación, tecnología biomédica y telecomunicaciones, hasta ingeniería eléctrica de potencia e industria aeroespacial, entre otras.

En concreto el estándar IEEE 802.11 es un estándar internacional en el que se definen los dos niveles más bajos del modelo OSI (la capa física y la capa de enlace), especificando sus normas y funcionamiento en una red de área local inalámbrica (WLAN). Es importante aclarar que este estándar no especifica tipo de tecnología ni aplicaciones, solo normas referidas a las dos capas citadas anteriormente. Por ello el objetivo de este apartado es familiarizarnos con este estándar, definiendo alguna de sus características básicas.

#### 3.2.1. La Capa Física 802.11

La capa física se encarga de modular, codificar y preparar las tramas (secuencias binarias que representan la información a transmitir) que se desean enviar, transformándolas en aquellas señales que mejor se adecuen al medio en función de distintos parámetros, como por ejemplo velocidad, ancho de banda requerido etc.

El estándar 802.11 publicado en 2007 especifica tres técnicas de transmisión permitidas, dos de ellas basadas en técnicas de espectro ensanchado operando en la banda de frecuencias libre de 2.4 GHz y la tercera basada en radiación infrarroja difusa. Con estas tres técnicas se consiguen anchos de banda de hasta 2 Mbps.

- **Frequency-hopping spread-spectrum (FHSS).** Se trata de una técnica de espectro ensanchado que consiste en transmitir parte de la secuencia que se desea mandar empleando una determinada frecuencia durante un intervalo reducido de tiempo. Pasado este intervalo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo en otra frecuencia. De esta manera la información se va transmitiendo en frecuencias distintas durante cortos intervalos de tiempo, haciendo a esta técnica altamente resistente al ruido y a las interferencias así como a su interceptación.

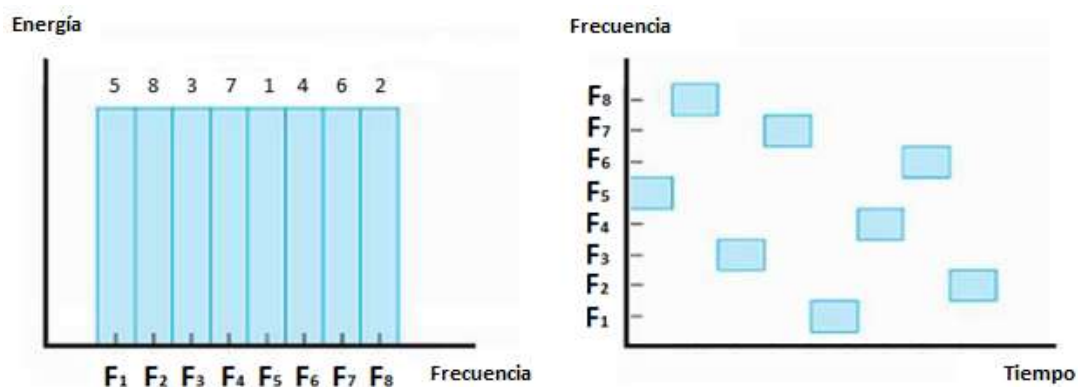


Figura 3.1: Asignación de canales (izq.) y frecuencias (derecha) en FHSS [13]

- **Direct-sequence spread-spectrum (DSSS).** Se trata de otra técnica de espectro ensanchado que consiste en multiplicar la secuencia de datos que se desea transmitir por un código pseudoaleatorio de tal manera que se consigue aumentar el ancho de banda y reducir la densidad espectral de la señal. El objetivo de esta técnica reside en que el espectro de la señal se parezca lo más posible al ruido para que así los receptores a los que no va dirigida la señal la confundan con el propio ruido del canal.

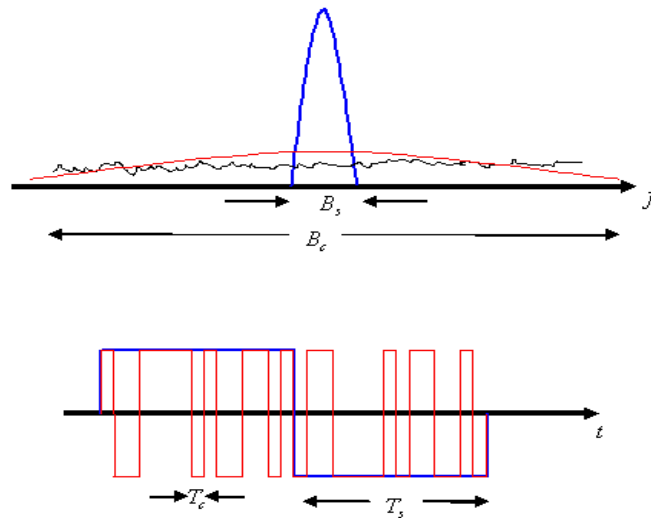


Figura 3.2: Señal en frecuencia y en tiempo de la original (azul) y de la ensanchada (roja) [12]

- **Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).** Técnica de comunicación empleada en variantes del estándar 802.11 que se ha convertido en popular a la hora de transmitir señales de banda ancha sobre canales inalámbricos. Consiste en dividir el canal de comunicación en un conjunto de sub-canales (frecuencias) equiespaciados. En cada sub-canal existe una sub-portadora que se encarga de transmitir parte de la información que desea mandar al usuario. Estas sub-portadoras son ortogonales entre si haciendo que cada una sea independiente del resto, de tal manera que no se interfieren entre ellas, pudiendo hacer así un uso más eficiente del espectro. Esta técnica proporciona mayor robustez del sistema frente al ruido y degradación de la señal por multitrayecto. Además se consiguen mayores velocidades de transmisión.

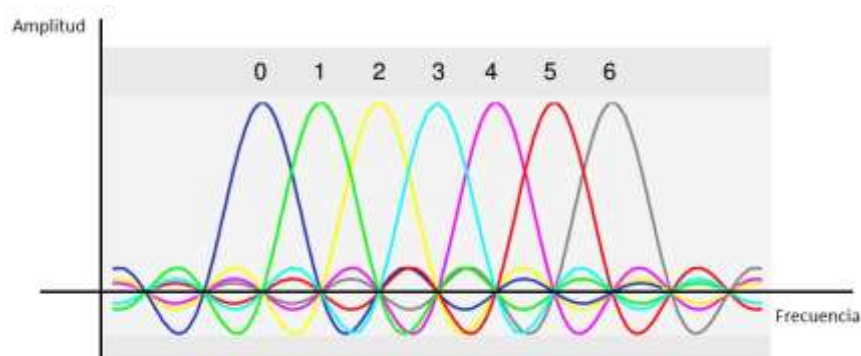


Figura 3.3: Espectro de una señal empleando OFDM con 6 sub-portadoras [14]

La creciente demanda por parte de los usuarios en contar con mayores anchos de banda (más de 2 Mbps) y reducir el problema de las interferencias hizo que se definieran ciertas variantes del estándar original, operando en diferentes frecuencias y empleando distintos anchos de banda. A continuación se muestran las variantes del estándar 802.11.

Estándar	Descripción	Estándar	Descripción
<b>802.11a</b>	5GHz OFDM PHY	<b>802.11j</b>	Extensión a la banda japonesa de 5GHz
<b>802.11b</b>	2.4GHz CCK PHY	<b>802.11k</b>	Medida de los recursos radio
<b>802.11c</b>	802.11 Bridging	<b>802.11m</b>	Mantenimiento
<b>802.11d</b>	Roaming internacional	<b>802.11n</b>	Elevado throughput MIMO PHY
<b>802.11e</b>	Mejoras de QoS	<b>802.11p</b>	WAVE, Entornos automóviles
<b>802.11f</b>	Protocolo Inter AP	<b>802.11r</b>	Fast Roaming
<b>802.11g</b>	2.4GHz OFDM PHY	<b>802.11s</b>	Mesh Networking
<b>802.11h</b>	Extensiones de regulación a 5GHz	<b>802.11u</b>	Convergencia con redes externas
<b>802.11i</b>	Mejoras en la seguridad	<b>802.11v</b>	Wireless Network Management

Tabla 3.1: Variantes del estándar original 802.11 [10]

El uso de los equipos en la banda libre de 2.4 GHz y de 5 GHz tiene la ventaja, como ya se dijo anteriormente, de que no se necesita licencia para su uso. Sin embargo esto da lugar a que el fenómeno de las interferencias crezca debido a los numerosos dispositivos que emplean estas frecuencias. Por ello, la potencia transmitida debe ser limitada, es decir, la radiación emitida debe ser baja para así no interferir con otros dispositivos.

Parámetro	Frecuencia		
	2.4 GHz	5 GHz	
		5150 - 5350 MHz	5725-5875 MHz
P.I.R.E	30 dBm	30 dBm	36 dBm

Tabla 3.2: P.I.R.E máxima para las bandas de 2.4 y 5 GHz

### 3.2.2. La Capa de Enlace 802.11

La capa de enlace se encarga de que la información fluya, libre de errores, entre dos máquinas conectadas, bien físicamente mediante un cable o de forma inalámbrica, como es el caso. Para conseguir esto lo que se hace es montar tramas (bloques de información que se desea transmitir) a las cuales se les proporciona una dirección de enlace, llamada dirección MAC. También se encarga de gestionar la detección o corrección de errores, mediante unas técnicas que se verán después, y de gestionar el control de flujo para así evitar que una máquina más rápida que otra acapare la totalidad del canal. A parte de esto, una de las tareas más importantes que tiene que hacer es la de gestionar el control de acceso al medio, es decir, gestionar cuando una máquina puede o no transmitir, en el caso de que más de una esté ocupando el medio de comunicación.

La capa de enlace de 802.11 se divide en dos subcapas:

- **Subcapa de Control Lógico de Enlace (LLC).** Algunas de sus funciones son: la identificación lógica de los protocolos empleados, control de errores, encapsulación en tramas de la información proveniente de la capa superior o desencapsulación de ellas, direccionamiento de la subcapa MAC, empleando un sistema de direccionamiento de 48 bits.
- **Subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC).** Su función principal es la gestionar el acceso al medio de comunicación (en un sistema inalámbrico el rango de frecuencias asignado) cuando dos o más dispositivos quieren hacer uso de él. Por otro lado también se encarga de proteger los datos que entrega mediante un servicio de privacidad llamado WEP, que encripta los datos enviados sobre el medio inalámbrico. La arquitectura MAC del estándar 802.11 se compone de dos métodos: uno opcional, Función de Coordinación Puntual (PCF) y el otro Función de Coordinación Distribuida (DCF), la cual emplea la técnica CSMA/CA para acceder al medio.
  - **Función de Coordinación Distribuida**

Acceso Múltiple por Censado de Portadora con Prevención de Colisiones (CSMA/CA).

1. Los dispositivos comprueban el medio antes de transmitir (Carrier Sensing).
2. Si el medio está ocupado no pueden empezar su transmisión. Debe esperar.
3. Una vez que el medio está libre puede comenzar el proceso de transmisión.

El dispositivo entra en un periodo de espera cuya duración viene determinada por un algoritmo de backoff exponencial. Se obtiene un número aleatorio uniformemente distribuido en un cierto margen llamado content window. Pasado este tiempo aleatorio y si el medio sigue libre el dispositivo realiza la transmisión física de la trama. Si el medio se encuentra ocupado se reinicia el algoritmo.

4. La transmisión se considera exitosa cuando se recibe una respuesta ACK.
5. Si el ACK no se recibe, el dispositivo retransmite la trama.

La función de Coordinación Distribuida empleada en 802.11 sigue la técnica anterior con algunas particularizaciones. En primer lugar realiza una comprobación del medio de comunicación basándose en dos indicadores: una comprobación **física** realizada por la capa física particular que se esté empleando, y una comprobación **virtual** basándose en unos valores existentes en todas las tramas que informan sobre la duración prevista de cada transmisión. Esta comprobación (tanto física como virtual) debe indicar durante un cierto tiempo, **IFS**, que el medio está libre. La transmisión no se inicia entonces hasta que no ha pasado un cierto tiempo IFS + tiempo de backoff, y siempre y cuando el medio continúe libre. Además se incluye un refinamiento adicional para minimizar las colisiones.

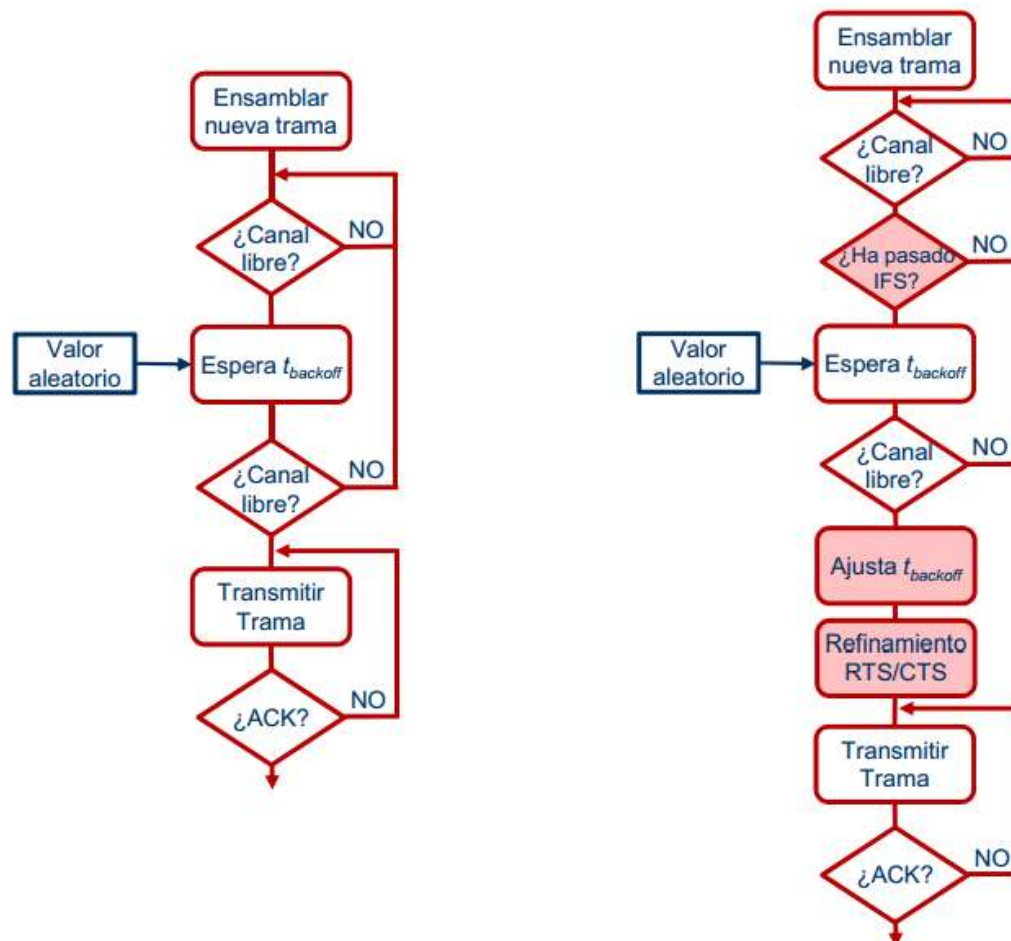


Figura 3.4: Diagrama CSMA/CA genérico (izq.) y Diagrama DCF en 802.11 (derecha)

En la siguiente figura se puede observar cómo se gestiona el control de acceso al medio cuando dos o más dispositivos inalámbricos quieren transmitir en un mismo medio de comunicación, basándose en el método CSMA/CA con las peculiaridades propias de la Función de Coordinación Distribuida. Hay que decir que existen diversos IFSs dependiendo del tipo de servicio que se ofrezca e incluso permitiendo incluir prioridades en las tramas.

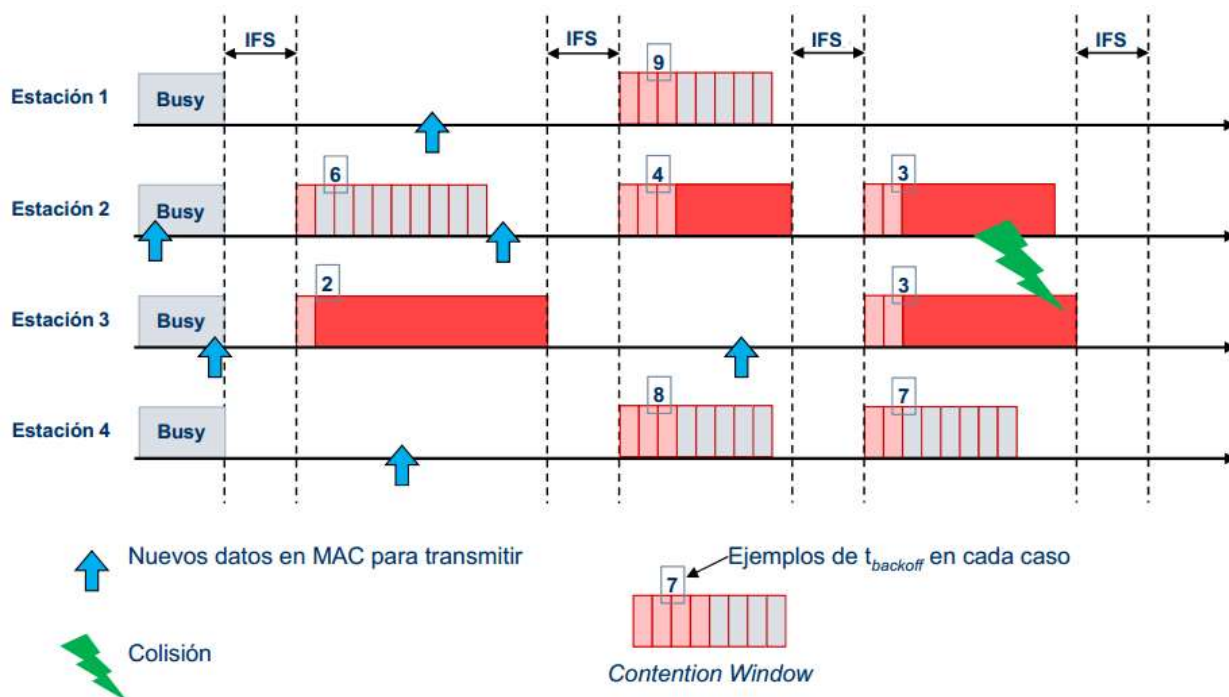


Figura 3.5: Competencia por acceder al medio de comunicación entre varios dispositivos

### 3.2.3. Arquitectura de la Red WLAN 802.11

Una red inalámbrica de área local WLAN 802.11 está constituida por varios componentes que interactúan para obtener una Wireless LAN que soporte la movilidad de los dispositivos (STAs) de forma transparente para los niveles superiores. Posee un conjunto básico de servicios o Basic Service Set (BSS's) compuesta de estaciones o nodos inalámbricos que son conectadas a una capa de distribución de red o DS.

Cada BSS está conformado por nodos móviles o estaciones, controlados por una Distributed Coordination Function (DCF) que determina que nodo tiene derecho a transmitir o recibir información en el medio inalámbrico. Las estaciones en un BSS obtienen acceso a la capa DS y por lo tanto a otros nodos inalámbricos fuera de su área de cobertura a través del AP (Acces Point). Una estación puede estar conectada solo a un AP en un instante dado de tiempo. La capa DS soporta la movilidad de los nodos mediante direccionamiento e integración de forma transparente a la computación interna de la información en las estaciones.



## 4. Estudio y Resolución del problema

### 4.1. El Problema

Como ya se ha comentado anteriormente, esta etapa del Camino de Santiago no cuenta con medios de comunicaciones eficientes. Además, no posee servicios de telecomunicaciones tales como telefonía móvil o Internet. El sitio más cercano donde poder poseer este tipo de servicios se encuentra en el Collado de Lepoeder, situado a 7.5 km del pueblo de Roncesvalles. Esto da lugar a que haya 3 km de la parte de la etapa que nos concierne, en los cuales no existe ningún tipo de servicio, coincidiendo precisamente con el recorrido más peligroso.

Actualmente hay un refugio, denominado Izandorre, situado en un punto de estos 3 km en el que hay instalada una radio de emergencia, la cual funciona gracias a la tecnología TETRA (tecnología de uso exclusivo por el Gobierno de Navarra), mediante la cual se puede llamar al 112. No obstante, esto se hace insuficiente debido a que si se tiene algún problema lejos del refugio, resulta imposible poder realizar algún tipo de comunicación móvil.

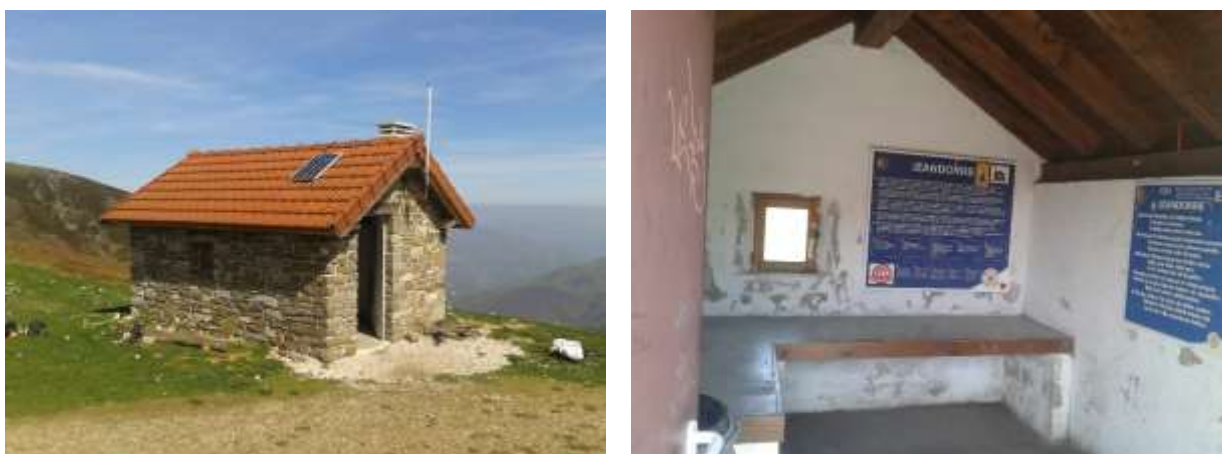


Figura 4.1: Refugio de Izandorre: Lugar donde se encuentra la radio de emergencia

El Gobierno de Navarra junto con Nasertic (empresa del grupo Corporación Pública Empresarial Navarra, perteneciente a Gobierno de Navarra, al servicio de las Administraciones Públicas, y los Organismos, Sociedades o Entidades que dependen de ellas [4]), tienen instalada en Ibañeta, zona situada aproximadamente a unos 3,5 km de Roncesvalles, una torre auto-soportada mediante la cual ofrecen varios servicios a dicho pueblo y a parte de la etapa del Camino de Santiago. Además, la empresa Telefónica dispone también de otra torre, ubicada al lado de la torre de Ibañeta, con la cual ofrece telefonía móvil a los habitantes de Roncesvalles. Su cobertura se extiende solamente hasta Roncesvalles y el Collado de Lepoeder, por ello a partir de ese punto, los peregrinos no tienen ningún tipo de conexión telefónica.



Figura 4.2: Roncesvalles, Ibañeta y Lepoeder. Imagen obtenida de Google Earth



Figura 4.3: Torres de Ibañeta y Telefónica vistas desde el Collado de Lepoeder



Esta deficiencia de las comunicaciones, además de la mala señalización del camino, precisamente en la zona más peligrosa de la etapa hace que muchos peregrinos, en condiciones meteorológicas desfavorables, se extravíen provocando que se salgan del camino, donde en el mejor de los casos acaban llegando a Roncesvalles. Sin embargo los que no tienen tanta suerte acaban perdidos en el bosque causando que muchos de ellos tengan que pasar la noche allí. Hay que recordar que en invierno las temperaturas pueden llegar a los veinte grados bajo cero, a lo que si le sumamos la lluvia o la nieve, y el hecho de que muchos de ellos no están preparados, hace que estos peregrinos puedan sufrir graves consecuencias.

Por otro lado realizar un rescate en esta zona es una tarea muy complicada. A parte de porque en muchos casos no se tienen los medios adecuados o los recursos necesarios, como pueden ser motos de nieve u otro tipo de vehículo más especializado, el terreno dificulta considerablemente la realización de la misma. De hecho, solo se puede acceder en vehículo hasta el refugio de Izandorre, a partir de ahí resulta imposible continuar, debido en muchos casos a la cantidad de nieve, agua o barro.



Figura 4.4: Peregrinos andando cerca de Roncesvalles un día de nevada [11]

## 4.2. La Solución

Con el fin de reducir el número de incidentes e incluso de muertes durante esta parte de la etapa del Camino de Santiago, así como de facilitar el trabajo a los equipos de rescate involucrados, se hace determinante, aparte de incluir la señalización correspondiente, el establecimiento de un sistema de comunicaciones. Este permitirá a los peregrinos tener una conexión a Internet de tal manera que sirva de herramienta adicional de cara a poder salvar vidas o reducir el número de accidentes ocasionados.

Por ello se ha estudiado la implementación de un sistema WiFi como una forma de brindar conectividad a los peregrinos que deseen realizar esta etapa del Camino de Santiago. Con ello se podría navegar por Internet, bajarse aplicaciones de cualquier tipo, obtener información meteorológica, disponibilidad de los albergues así como de realizar reservas, poder en caso de emergencia contactar con el 112 y un sinnúmero de posibilidades que ofrece actualmente Internet.

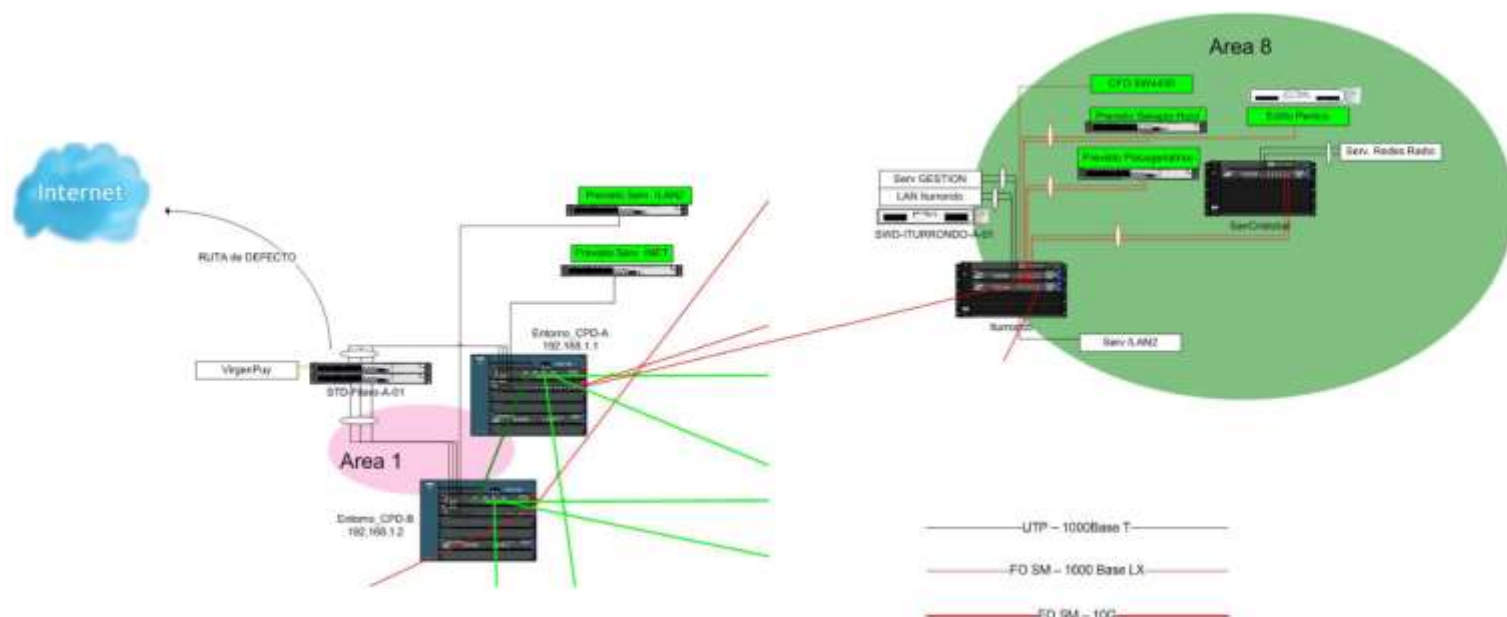
## 4.3. Arquitectura de la Red de Transporte

Tras ser planteado el problema existente en dicha etapa del Camino de Santiago, así como la solución pensada para poder minimizar las consecuencias derivadas de los malos servicios que actualmente se ofrecen, se va a proceder a entrar en detalle a cerca de la configuración de Red que se va a realizar.

La estación de telecomunicaciones a través de la cual se tendrá salida a Internet será **Ibañeta**. El Gobierno de Navarra dispone de una serie de equipos y radioenlaces mediante los cuales ofrece servicio de acceso a Internet de Banda Ancha (Iberbanda) en territorios rurales nacionales. Iberbanda se basa en la tecnología WiMAX, que se trata de un estándar (802.16) para la transmisión bi-direccional de información de una manera inalámbrica. Tiene numerosas similitudes con WiFi pero no se deben confundir, son dos estándares totalmente distintos, cada uno con sus especificaciones propias. El punto más cercano a la etapa del Camino de Santiago en el cual se dispone de una salida a Internet es Ibañeta, de ahí la elección de esta estación.



Figura 4.5: Torre de Ibañeta



De San Cristóbal se enlaza con la sede ubicada en Iturrondo mediante dos enlaces de Fibra óptica monomodo 1000 Base LX. Desde aquí, mediante un enlace directo, también de Fibra óptica pero esta vez de 10 Gbps, se conecta con el CPD (Centro de procesamiento de Datos) ubicado en la Calle Monasterio de Irache. El CPD se trata de un centro diseñado específicamente para alojar infraestructura de telecomunicaciones, servidores y subsistemas de alimentación, que ofrece entornos de trabajo robustos ideales para infraestructuras y equipamiento TIC [6]. Una de las características principales de esta Red es que es muy redundante, esto quiere decir que si por algún motivo el enlace directo falla hay caminos alternativos por los cuales se redirecciona el tráfico. Por último en el CPD disponen de un equipo a través del cual tienen salida a Internet.



Figura 4.7: Equipo ubicado en Ibañeta desde el cual se obtendrá la conexión a Internet

#### 4.4. Arquitectura de la Red de Acceso

Tras ser analizada la Red de Transporte, hay que detallar la Red de Acceso, que es la red que realmente concierne en este Trabajo. Hay que tener en cuenta que se quiere ofrecer un servicio a los peregrinos, los cuales están realizando una etapa del Camino de Santiago. Por ello hay que estudiar detenidamente el recorrido así como el entorno que lo rodea, de tal manera que se consiga encontrar aquellos puntos idóneos donde poder ofrecer una conexión WiFi. La etapa consta de 26 km (incluida la parte de España y Francia), donde en buena parte de ella hay que lidiar con desniveles de 1000 metros. Esto quiere decir que se trata de una etapa dura, por lo que a lo largo del recorrido habrá puntos en los que los peregrinos se pararán a descansar o a comer, siendo estos puntos los óptimos para ofrecer este tipo servicio, siempre y cuando la orografía del terreno lo permita.

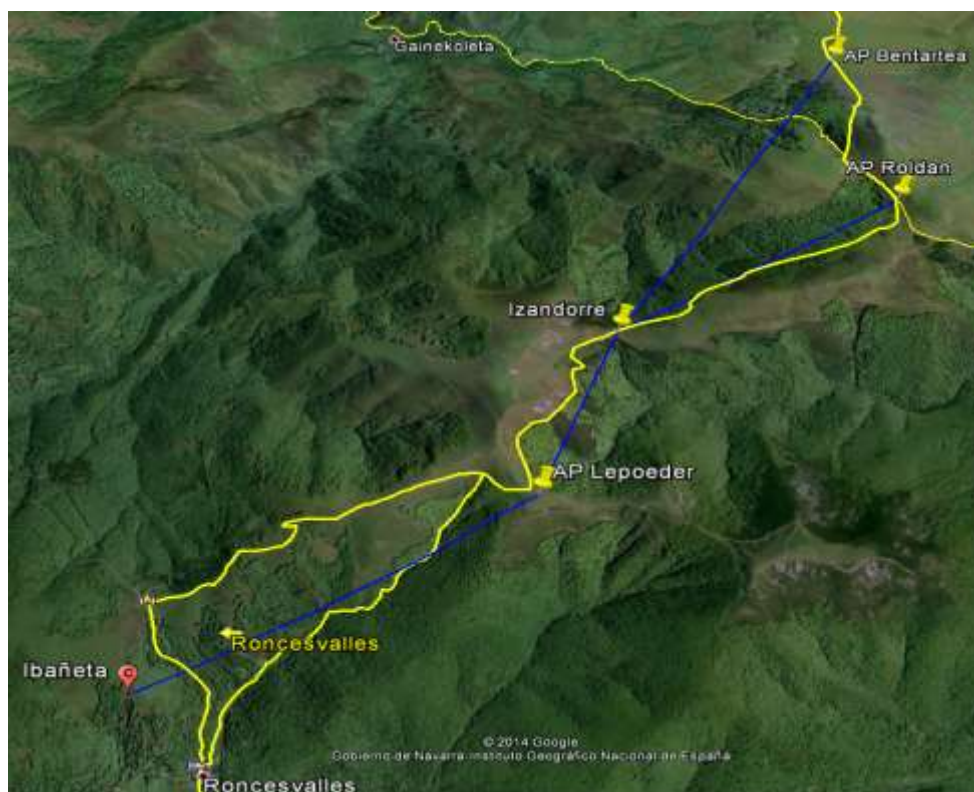


Figura 4.8: Puntos de la Red de Acceso. Imagen obtenida de Google Earth

Como ya se ha comentado existe un refugio, **Izandorre**, donde ya hay una infraestructura implementada, aparte de que ahí hay un puesto de socorro desde donde poder contactar con el 112. Además se trata de una zona rodeada de césped y un punto intermedio en la etapa, por lo que los peregrinos suelen pararse a descansar. Por otro lado en ese punto, normalmente en condiciones climatológicas adversas, éstos suelen desviarse y confundirse de camino. Esto da lugar a que sea un buen punto donde colocar un Punto de Acceso WiFi.

Sin embargo como se observa en la siguiente imagen, realizar un enlace directo entre Ibañeta e Izandorre no es posible. Esto se debe a que entre estos dos puntos existe un sistema montañoso que imposibilita la línea de visión directa necesaria para brindar conectividad.

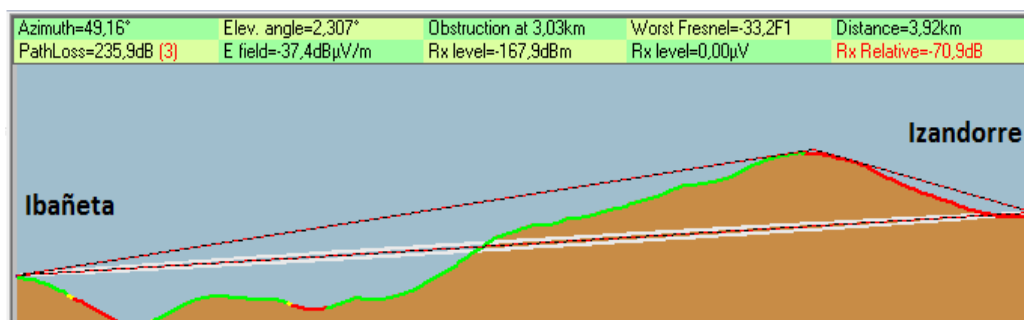


Figura 4.9: Perfil de paso obstruido entre Ibañeta e Izandorre



Por ello, para superar este obstáculo se hace necesario la colocación de otro punto intermedio que sí que tenga línea de visión directa hacia ambos puntos permitiendo así la conectividad entre Ibañeta e Izandorre. Este punto es el Collado de **Lepoeder**. Inicialmente se planteó la posibilidad de que este punto solo sirviese como repetidor de la señal que se quería llevar a Izandorre. Sin embargo, después de estar en dicho punto in situ y ver que la mayoría de los peregrinos solían pararse, principalmente porque desde ahí se consigue ver Roncesvalles y lo peor de la etapa ya lo han hecho, se decidió colocar también un Punto de Acceso para así dar cobertura WiFi.

A parte de estos dos puntos se va a colocar otros dos Puntos de Acceso más. Uno de ellos en la Fuente de **Roldan**. Este punto resulta bastante obvio debido a que en muchos kilómetros se trata del único punto donde los peregrinos pueden rellenar sus cantimploras. Por ello todos aprovechan esta fuente para pararse y comer. El otro punto donde se colocará será en **Bentartea** debido a que se trata de un punto conflictivo ya que hasta él se llega por un camino asfaltado y a partir de ahí el camino se bifurca en dos, teniendo los peregrinos que tomar un camino sin asfaltar adentrándose hacia las montañas. Aunque existe un cartel, recientemente colocado, que indica por donde tienen que ir, este no lo deja muy claro. Por ello se hace necesario disponer de una conexión a Internet y así evitar que tomen el camino equivocado.

Por lo tanto la ubicación donde se colocaran los Puntos de Acceso será la siguiente:

Ubicación de los Puntos de Acceso		
Nombre del Punto	Longitud	Latitud
Lepoeder	43° 1'33.10"N	1°17'41.64"O
Izandorre	43° 2'14.54"N	1°17'17.48"O
Roldan	43° 2'48.71"N	1°15'52.63"O
Bentartea	43° 3'33.96"N	1°16'4.21"O

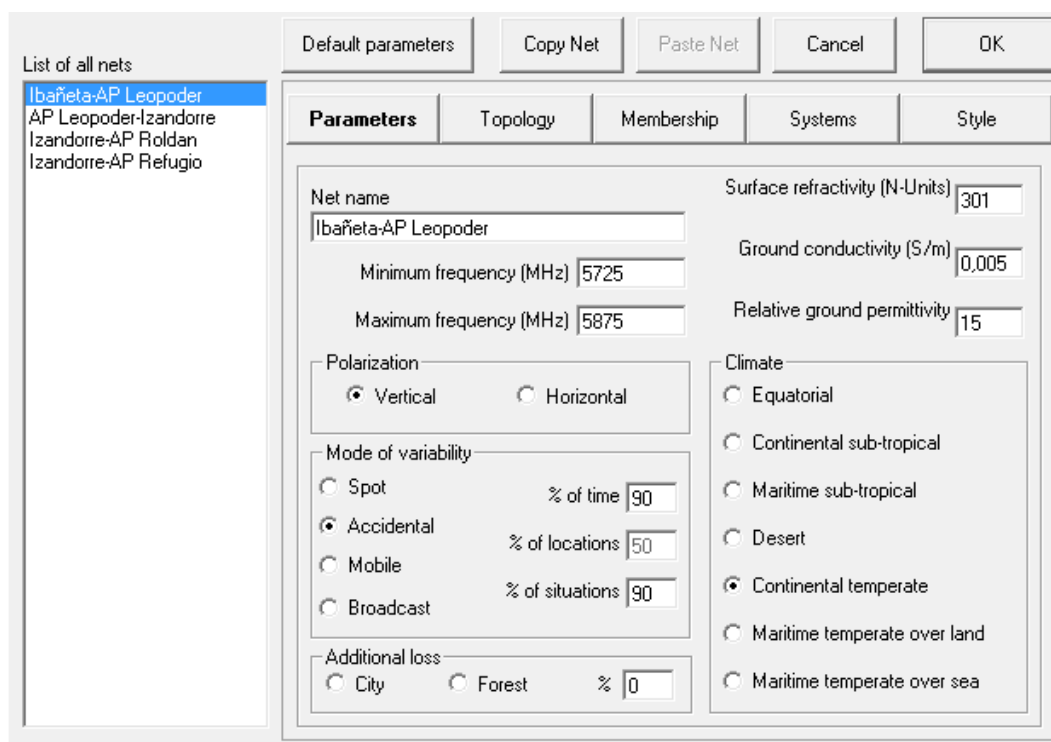
Tabla 4.1: Coordenadas de los Puntos de Acceso WiFi

Una vez definida la ubicación donde se colocarán los Puntos de Acceso, se ha realizado simulaciones con el software Radio Mobile 11.4.6 [7], para comprobar que los radioenlaces pueden implementarse. Para llevar la señal que nos dará conexión a Internet, procedente de Ibañeta, a los distintos puntos citados anteriormente se van a realizar los siguientes enlaces:

- Enlace Punto a Punto entre Ibañeta y Lepoeder
- Enlace Punto a Punto ente Lepoeder e Izandorre
- Enlace Punto a Multipunto entre Izandorre y Roldan-Bentartea

Los parámetros de configuración de la Red para los radioenlaces serán los siguientes:

- Frecuencia → Banda de 5 GHz con frecuencia mínima 5725 y máxima 5875 MHz
- Conductividad del Suelo → 0.005 S/m
- Refractividad de la Superficie → 301 Unidades-N
- Tipo de Clima → Temperatura Continental
- Tipo de Red → Topología en estrella (Maestro/Esclavo)
- Estilo → Margen de 3 dB para dar el enlace como viable.



The screenshot shows a configuration window for a radio network. On the left, a list of networks includes 'Ibañeta-AP Leopoder', 'AP Leopoder-Izandorre', 'Izandorre-AP Roldan', and 'Izandorre-AP Refugio'. The 'Parameters' tab is selected, showing the following settings:

- Net name:** Ibañeta-AP Leopoder
- Minimum frequency (MHz):** 5725
- Maximum frequency (MHz):** 5875
- Polarization:** Vertical (selected), Horizontal
- Mode of variability:** Spot, Accidental (selected), Mobile, Broadcast. Sub-values: % of time 90, % of locations 50, % of situations 90.
- Additional loss:** City, Forest, % 0.
- Surface refractivity (N-Units):** 301
- Ground conductivity (S/m):** 0,005
- Relative ground permittivity:** 15
- Climate:** Equatorial, Continental sub-tropical, Maritime sub-tropical, Desert, Continental temperate (selected), Maritime temperate over land, Maritime temperate over sea.

Figura 4.10: Parámetros de configuración para los Radioenlaces

Los radioenlaces se realizarán empleando la banda libre de 5 GHz, en concreto se empleará el canal 165 (**5825 MHz**) con un ancho de banda de 20 MHz. La elección del canal 165 se debe a fin de poder evitar interferencias con otros sistemas, normalmente sistemas basados en comunicaciones satelitales y sistemas de banda ancha para situaciones catastróficas [8]. En cualquier caso la mejor decisión en cuanto a la selección de la frecuencia debería realizarse yendo a estudiar el entorno y midiendo posibles fuentes de interferencias.

En cuanto a la **anchura del canal** se ha decidido emplear **20 MHz** ya que aumentará el número de canales sin solapamiento, permitiendo un mayor escalado de las redes. Por otro lado la densidad espectral de la energía del canal aumentará permitiendo un mayor alcance de la señal. Un inconveniente sería la reducción del rendimiento, es decir, permitirá una menor velocidad de transmisión. Sin embargo como la velocidad de transmisión no es elevada (2Mbps) con esa anchura espectral será suficiente.

## 4.5. Resultados de la simulación

### 4.5.1. Radioenlace Ibañeta – Lepoeder

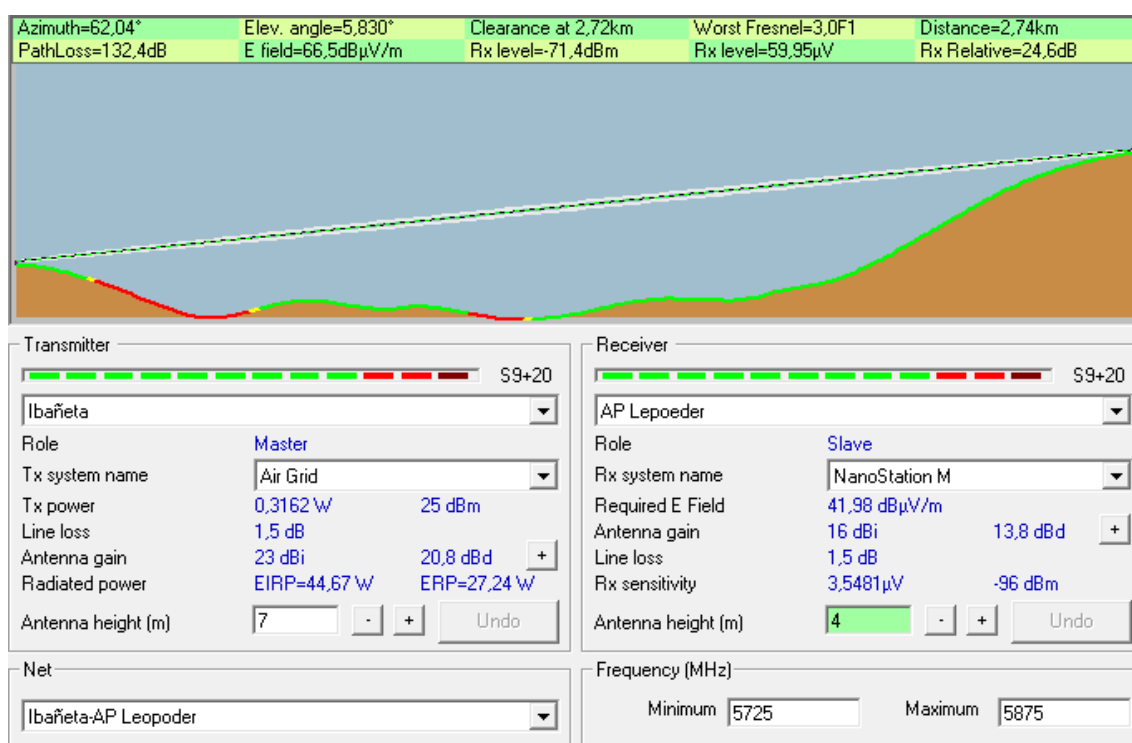


Figura 4.11: Enlace Ibañeta - Lepoeder

Como se puede observar en la figura, el enlace entre Ibañeta y Lepoeder es realizable, ya que la potencia recibida (-71.4 dBm) es mayor que la sensibilidad que tiene el receptor (-96 dBm). Además no se tienen obstáculos interceptando la zona de Fresnel por lo que no tendremos pérdida de potencia, salvo la pérdida por propagación. La distancia entre ambos puntos es de 2.74 km por tanto no necesitamos antenas excesivamente directivas (23 dBi para la antena de Ibañeta y 16 dBi para la antena de Lepoeder), ya que la distancia es relativamente pequeña. Por otro lado las antenas estarán orientadas de tal manera que se apunten directamente entre ellas. Para ello la antena de Ibañeta estará orientada con unos 62° en azimuth y un ángulo de elevación de 5,83° aproximadamente, mientras que la antena de Lepoeder tendrá unos 242.1° en azimuth y un ángulo de elevación de -5.85°.



Los equipos empleados para realizar los radioenlaces serán de la compañía Ubiquiti. En concreto el equipo transmisor ubicado en Ibañeta será el airGrid M5 acompañado de una antena de rejilla. La elección de este equipo se debe principalmente a las condiciones climatológicas del lugar, vientos extremos así como nieve durante buena parte del año. Es bien sabido que la antena de rejilla ofrece una mayor resistencia al viento debido a su estructura física, además de que en la torre de Ibañeta no se tienen problemas de espacio. Sin embargo en Lepoeder se empleará un NanoStation M5 (tanto para transmitir como para recibir), el cual incorpora una antena de 16 dBi. La elección de este equipo es debida a sus reducidas dimensiones, algo muy importante cuando no se tiene una infraestructura existente.

Ambos equipos, el airGrid M5 y el NanoStation M5 incorporan la tecnología MIMO con diversidad espacial, dos antenas en polarización cruzada (vertical y horizontal) cada una respectivamente, o bien con la capacidad de transmitir en dos polarizaciones a la vez. Esto hace que se aumente la eficiencia espectral del sistema ya que aprovecha la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error.

#### 4.5.2. Radioenlace Lepoeder – Izandorre

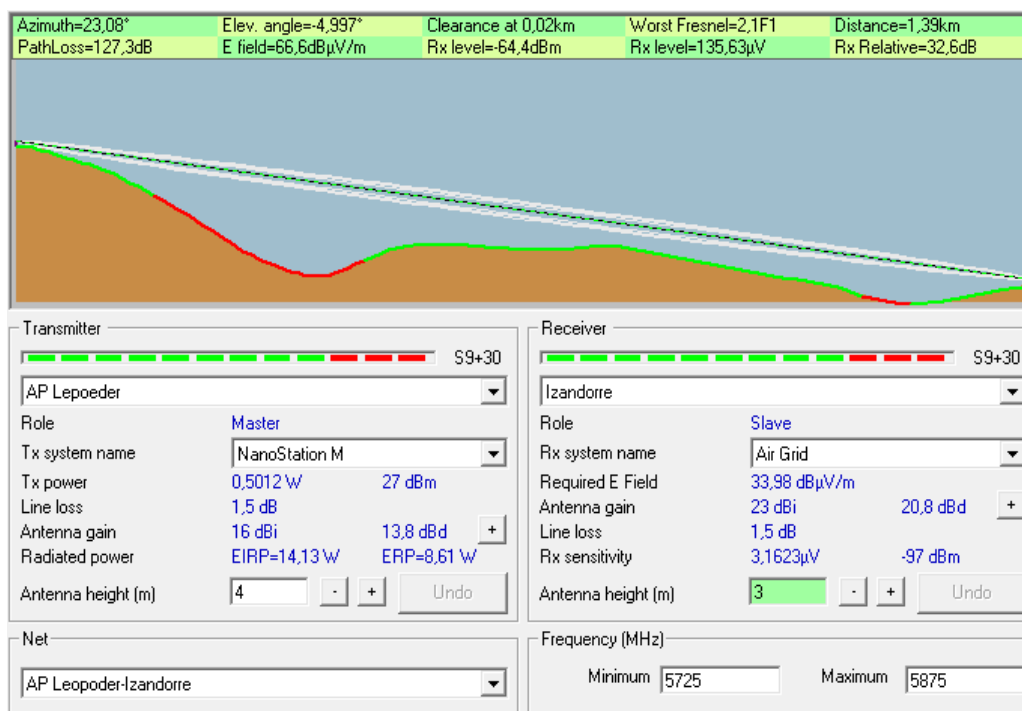


Figura 4.12: Enlace Lepoeder - Izandorre

En este enlace se empleará como equipo transmisor, ubicado en Lepoeder, un NanoStation M5, mientras que como equipo receptor se ha escogido el airGrid M5 junto con la antena de rejilla, ubicado en el refugio de Izandorre. Para que ambas antenas estén directamente apuntadas entre sí la antena de Lepoeder tendrá una orientación de 23.08° en azimuth y un ángulo de elevación de -5° aproximadamente. Mientras que la antena de Izandorre tendrá 203.1° en azimuth y un ángulo de elevación de 4.98°.

Como se puede apreciar en la figura, este enlace entre Lepoeder e Izandorre también es realizable, ya que la potencia recibida (-64.4 dBm) es mayor que la sensibilidad que tiene el receptor (-97 dBm). Además tampoco se tienen obstáculos interceptando la zona de Fresnel. La distancia entre ambos puntos es de 1.39 km por lo que tampoco se necesitan antenas excesivamente directivas (16 dBi para la antena de Lepoeder y 23 dBi para la antena de Izandorre).

#### 4.5.3. Radioenlace Izandorre – Roldan-Bentarte

Este radioenlace consiste en un enlace Punto a Multipunto, por lo que solo se tendrá un equipo transmisor para hacer llegar la señal hasta los Puntos de Acceso ubicados en la Fuente de Roldan y en Bentarte. Es decir tendremos un único transmisor y dos receptores, a diferencia de los otros radioenlaces en los que solo teníamos un transmisor y un receptor (enlace Punto a Punto).

El equipo transmisor empleado en Izandorre será el airGrid M5, también con una antena de rejilla de 23 dBi. Sin embargo en este caso, al no tratarse de un enlace Punto a Punto, la antena transmisora no puede apuntar directamente a ambas antenas receptoras ya que es físicamente imposible. Por ello la solución que se ha tomado es la de orientar la antena al punto intermedio entre Roldan y Bentarte, de tal manera que el lóbulo principal capte ambos puntos. Por lo tanto la antena tendrá unos 50° en azimuth y un ángulo de elevación de 0.1°.

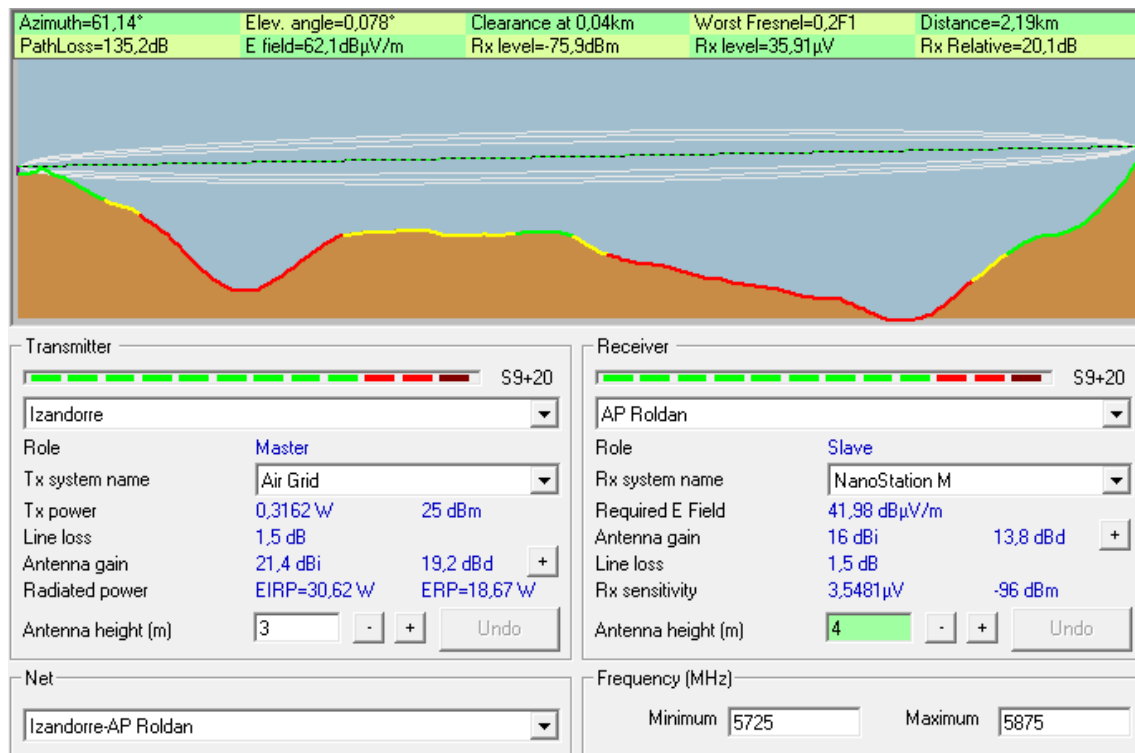


Figura 4.13: Enlace Izandorre - Roldan

El equipo receptor empleado en Roldan será el NanoStation M5 con la antena integrada de ganancia 16 dBi. Esta sí que estará apuntando directamente a la antena de rejilla ubicada en Izandorre y tendrá por lo tanto 241.2° en azimuth y un ángulo de elevación de -0.098°. Este radioenlace también es realizable ya que se recibe una potencia de -75.9 dBm, la cual es superior a los -96 dBm de sensibilidad del receptor. Este enlace presenta la peculiaridad de que la Fuente está rodeada por una zona boscosa pudiendo degradar la señal considerablemente. Para mitigar este problema se ha decidido elevar la antena receptora unos 4 metros aproximadamente, de tal manera que se pueda evitar en mayor medida la atenuación provocada por las hojas de los árboles.

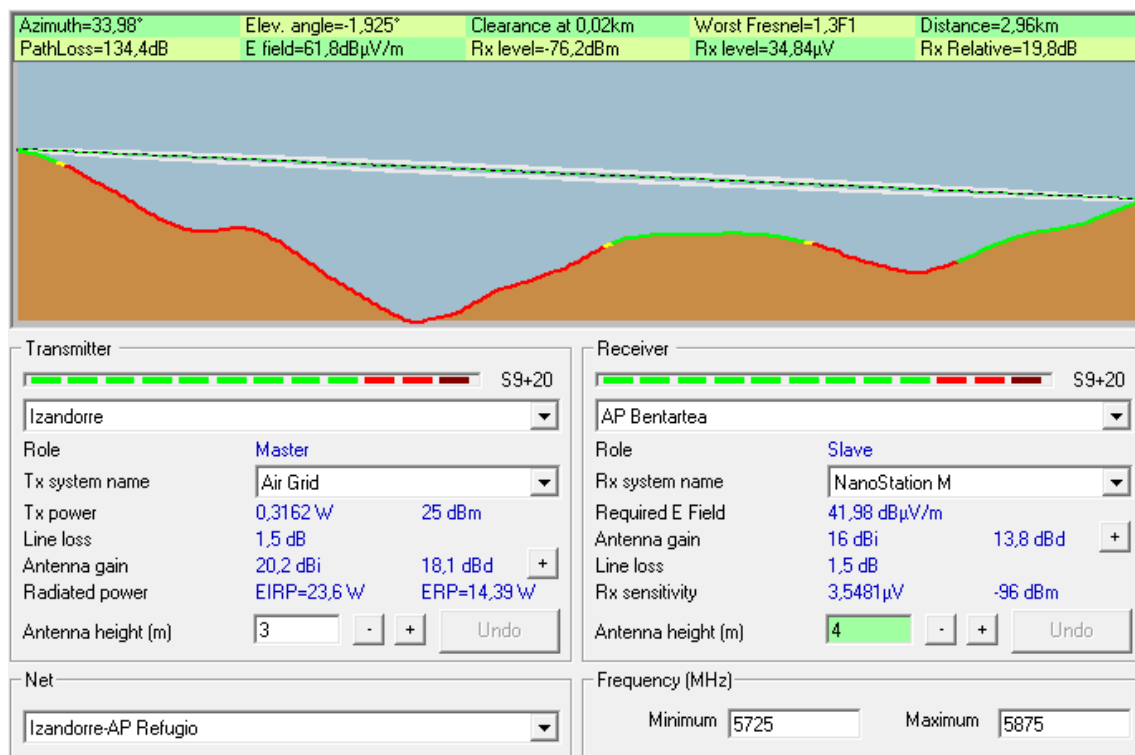


Figura 4.14: Enlace Izandorre - Bentartea

Por último, el radioenlace entre Izandorre y Bentartea consta de un NanoStation M5 de 16 dBi de ganancia. Al igual que en el enlace entre Izandorre y Roldan esta antena receptora sí que estará apuntando directamente a Izandorre, teniendo concretamente 214° en azimuth y un ángulo de elevación de 1.89°. El enlace también es realizable, 76.2 dBm de potencia recibida frente a los -96 dBm de sensibilidad que presenta el NanoStation M5. Aunque este punto está cercano a la Fuente de Roldan, en este radioenlace no se tiene el problema de los arboles debido a que se trata de una zona muy limpia, con una línea de visión prácticamente sin obstrucciones. Sin embargo debido a que la infraestructura que se implementará en todos los puntos será prácticamente igual, la antena también estará elevada 4 metros.

#### 4.6. Resumen de los Radioenlaces

Parametros de los Radioenlaces					
Enlace	Distancia (km)	Altura (m)	Modelo	Azimuth	Elevación
Ibañeta-Lepoeder	2.74	7 / 4	aGrid M5 / NanoStation M5	62.00° / 242.10°	5.83° / -5.85°
Lepoeder-Izandorre	1.39	4 / 3	NanoStation M5 / airGrid M5	23.10° / 203.10°	-4.99° / 4.98°
Izandorre-Roldan	2.19	3 / 4	airGrid M5 / NanoStation M5	50.00° / 241.20°	0.10° / -0.09°
Izandorre-Bentarte	2.96	3 / 4	airGrid M5 / NanoStation M5	50.00° / 214.00°	0.10° / 1.89°

Tabla 4.2: Resumen de los parámetros de los Radioenlaces y de sus equipos

\* La Altura (m) se refiere a la altura a la cual se colocarán las antenas.

\* La barra separadora / indica la división entre Equipo Transmisor / Equipo Receptor.

#### 4.7. Estudio de la Cobertura

Para proporcionar el servicio WiFi mencionado se hará uso de los equipos de Ubiquiti, Bullet Titanium M2 HP, los cuales se conectarán al equipo receptor en cada uno de los puntos analizados anteriormente. La elección de estos equipos se debe principalmente a su reducido tamaño, además de que se trata de un equipo muy idóneo para usar en exteriores, donde las condiciones climatológicas son adversas. Se empleará además antenas omnidireccionales (antena que radia potencia de forma uniforme en todas las direcciones del espacio) de 10 dBi de ganancia.

La opción más lógica sería emplear antenas sectoriales de tal manera que su lóbulo principal fuese más estrecho, es decir más directivo, y así poder apuntar directamente al camino en lugar de radiar potencia en todas direcciones ya que en realidad no interesa dar cobertura en zonas por donde no circulan peregrinos. Sin embargo el inconveniente que tiene emplear este tipo de antenas es que habría que colocar dos, cada una apuntando en una dirección del camino. Esto conlleva a que se necesitaría un divisor de potencia perdiendo por lo tanto 3 dB, además su instalación sería más aparatosa. Por este motivo se ha decidido colocar antenas omnidireccionales.

La parte del recorrido español consta de unos 10.5 km aproximadamente, sin embargo no se va a tener una cobertura del cien por cien, esto quiere decir, que habrá zonas en las que los peregrinos no puedan disponer del servicio que se les proporciona. Es obvio que desplegar una red WiFi que pretenda cubrir 10.5 km sería muy costoso así como ineficiente, ya que hay zonas del recorrido en la que los peregrinos no pueden perderse, ya sea porque solo existe un camino o porque hay carteles indicativos.

Además el terreno no es propicio, es decir, no en todos los puntos que se quiera se puede desplegar la infraestructura adecuada como para ofrecer una conexión WiFi. Por otro lado aunque se tenga una cobertura total siempre habrá peregrinos o que no disponen de un dispositivo inalámbrico con capacidad de conexión WiFi o que por la razón que sea no quieren hacer uso de este servicio. Por ello, hay que ser consciente de que el objetivo es minimizar el número de incidentes no erradicarlo, ya que eso es prácticamente imposible.



Figura 4.15: Cobertura WiFi en el Camino de Santiago. Imagen obtenida de Google Earth

La simulación de la cobertura teórica que se tendría se ha realizado también con el software Radio Mobile 11.4.6 [7]. A diferencia de los radioenlaces, se ha empleado la banda libre de 2.4 GHz, en concreto se empleará el canal 11 (**2462 MHz**) con un ancho de banda de 20 MHz. Para poder escoger un buen canal WiFi, es decir aquel al que menos le afecten las interferencias causadas por otros sistemas, habría que medir las posibles fuentes de interferencia del entorno con un analizador de espectros para posteriormente analizar los resultados detenidamente y escoger.

Estos resultados han sido obtenidos configurando los siguientes parámetros:

- Frecuencia → Banda de 2.4 GHz con frecuencia mínima 2350 y máxima 2550 MHz
- Sensibilidad del Receptor Móvil → -98 dBm.
- Potencia transmitida Receptor Móvil → 16 dBm.
- Antena del Receptor Móvil → 0 dBi.
- Tipo de Antena Receptora → Omnidireccional.

Como se ha comentado anteriormente y en la figura se puede observar claramente, hay zonas en las que no tenemos cobertura WiFi. Sin embargo a partir del Collado de Lepoeder se tiene cobertura móvil y red de datos por lo que esto no supone ningún problema. Por otro lado en la sección de Anexos se encuentra de una forma más detallada, incluyendo niveles de potencia, la cobertura proporcionada por cada uno de los Puntos de Acceso.

## 5. Sistema de Alimentación

Debido a la falta de servicio eléctrico existente en esta etapa del Camino de Santiago, se hace necesario la implementación de un sistema de producción y almacenamiento eléctrico autosuficiente, que cumpla con las necesidades de consumo de los equipos. Este sistema será imprescindible en Lepoeder, Izandorre, Roldan y Bentarte. En la torre de Ibañeta ya se dispone del sistema eléctrico necesario para proporcionar la energía suficiente a los equipos que la componen.

Tras ser evaluadas las distintas posibilidades para la implementación de dicho sistema de alimentación eléctrico autónomo se ha escogido la energía solar como la mejor opción por su facilidad de instalación, la poca necesidad de mantenimiento e intervención humana que necesitan durante su vida útil y el poco impacto visual que supone tener placas solares. Este sistema requiere la menor intervención humana posible ya que se trata de una zona de difícil acceso sobretodo en invierno, principalmente por la climatología.

Características Principales del Sistema de Alimentación Eléctrico mediante placas solares:

- Potencia Nominal del sistema → 30 W.
- Dimensiones de la Placa Solar → 150 x 65 cm.
- Potencia del Panel Solar → 120 W.
- Tiempo de vida de la Placa Solar → 25 años.
- Rango de temperatura de trabajo → -30°C +60°C.
- Capacidad de las Baterías → 102 Ah.
- Tipo de Baterías → Baterías de Gel.
- Voltaje suministrado → 12 V.
- Controlador avanzado de batería que protege frente a la sobrecarga y sobredescarga.



## 6. Infraestructura

Como ya se ha comentado anteriormente, no existe ningún tipo de Infraestructura a lo largo de esta etapa del Camino de Santiago, excepto el refugio de Izandorre. Lo más sencillo sería colocar una torre anclada al suelo donde poder colocar las antenas, la placa solar y las baterías, junto con un armario candado para meter los equipos y que así estuviesen protegidos frente a posibles robos. La seguridad es algo muy a tener en cuenta en esta zona ya que en Izandorre intentaron robar las placas solares y el candado del armario apareció un día forzado.



Figura 6.1: Posible Infraestructura a implementar

Sin embargo implantar algo parecido a esto causaría un gran impacto visual debido a que se trata de una estructura muy aparatosa y como. Además ya que no existe ningún tipo de infraestructura y se tiene que implantar algo lo lógico sería aprovechar para colocar una especie de pequeña marquesina o cabina, donde aparte de colocar los equipos necesarios para proporcionar el servicio WiFi, sirviese también como área de descanso y como punto informativo.

Hasta el momento se han diseñado dos propuestas para los emplazamientos de Izandorre y Lepoeder, las de este último serían las mismas que para el emplazamiento de Bentartea. Faltaría un diseño para la Fuente de Roldán, que se desarrollara más adelante debido a la dificultad del terreno.



- **Lepoeder-Bentartea**



Figura 6.2: Maqueta Lepoeder. Propuesta 02



Figura 6.3: Maqueta Lepoeder. Propuesta 01

- **Izandorre**

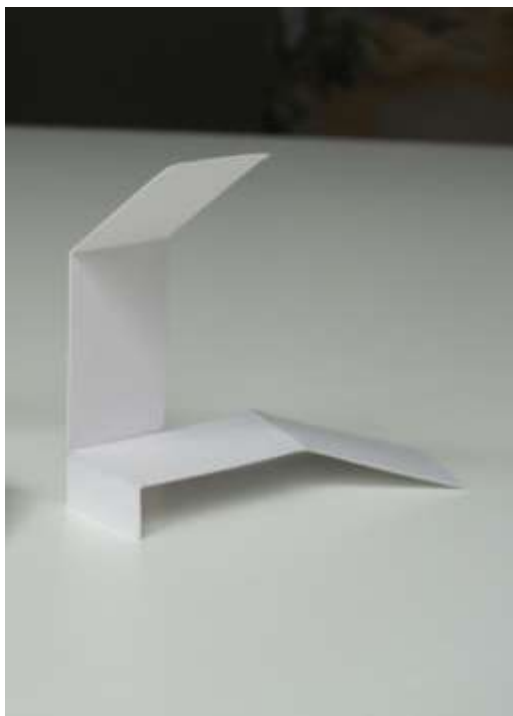


Figura 6.4: Maqueta Izandorre. Propuesta 02

De las dos propuestas, la Propuesta 01 es una intervención más volumétrica, tipo pequeña marquesina o cabina. La propuesta 02 en cambio, es una intervención de mobiliario propiamente dicho, tratando de aunar asiento, panel informativo y placa fotovoltaica de una manera unitaria. En ambas propuestas se está considerando la madera como material a utilizar ya sea en tableros, o escuadrías. Los paneles informativos que se colocaran así como los planos y las medidas a cerca de las propuestas planteadas pueden ser consultados en la sección Anexos.

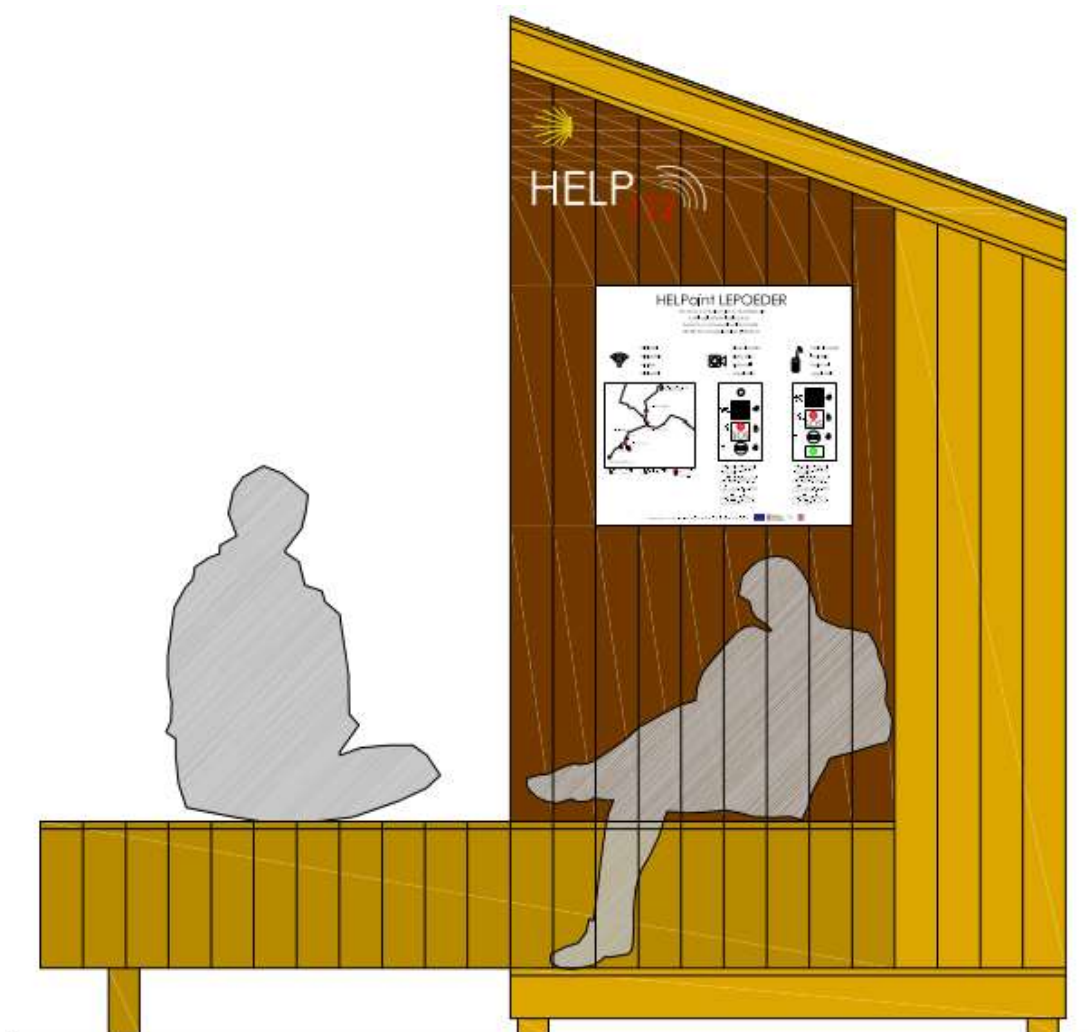


Figura 6.5: Panel Informativo ubicado en la Propuesta 01 de Lepoeder

### 6.1. Lepoeder

El caso de Lepoeder es un poco especial debido a que desde el emplazamiento donde se implementará una de las dos propuestas citadas anteriormente, no se tiene visibilidad directa con Izandorre y por lo tanto no puede realizarse el radioenlace.

Hay que recordar que este punto se ha elegido debido a que se trata de una zona donde los peregrinos realizan un descanso, desde la cual se puede observar Roncesvalles, que quedaría a unos 7.5 km. y supone la última parada que realizan antes de llegar a su destino. Por lo tanto la infraestructura elegida deberá colocarse en este punto. Sin embargo el punto desde el cual se puede realizar el radioenlace tanto con Ibañeta como con Izandorre está situado a unos 700 metros del emplazamiento elegido.

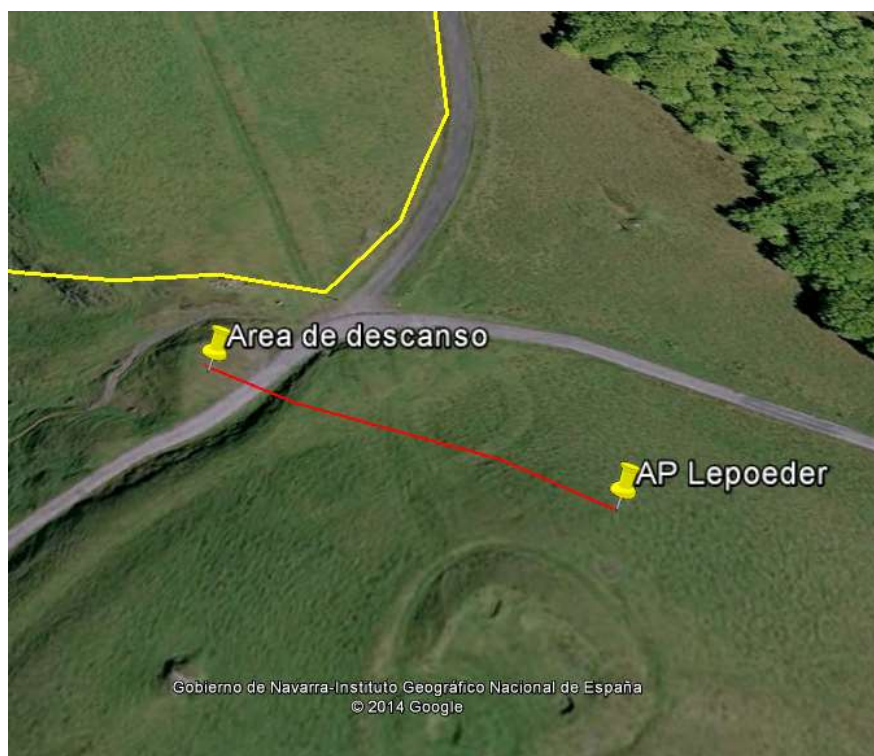


Figura 6.6: Distancia entre los equipos y la caseta. Imagen obtenida de Google Earth

Por ello lo que se hará será colocar en la etiqueta de “AP Lepoeder” un mástil donde irán ubicados los equipos necesarios para realizar el radioenlace con Ibañeta y con Izandorre, es decir se colocará los dos NanoStation M5, uno para recibir la señal procedente de Ibañeta y el otro para transmitirla hacia Izandorre, y el Bullet M2 que servirá como Punto de Acceso WiFi. Mientras que la etiqueta “Área de descanso” será el lugar seleccionado para colocar una de las propuestas junto con las baterías y la placa solar. Es decir, aquí ira instalado el sistema de alimentación que proporcionará la energía necesaria para alimentar a dichos equipos. Para transportar la señal generada en dicho punto hasta donde están los equipos se empleará cable UTP categoría 6, el cual podrá ir reforzado para protegerlo de agentes exteriores que puedan degradarlo. Este cableado será enterrado, para evitar así posibles robos o roturas del cable, además de suponer un menor impacto visual.

## 7. Equipos

Como ya se sabe, esta solución se basa en la utilización de la tecnología WiFi IEEE 802.11 (en sus variantes a, b, g y n) donde se empleará la banda libre de 5 GHz para efectuar los radioenlaces y la banda libre de 2.4 GHz para la distribución de la conectividad. Para viabilizar esta solución, se emplearán los equipos de Ubiquiti por tener una amplia gama de equipos WiFi de bajo coste y resultar fácilmente configurables mediante su interfaz web.

Los equipos Ubiquiti de la serie M incorporan herramientas de monitorización de espectro. Con esto se facilita el trabajo de identificar interferencias y así poder asignar correctamente los canales más limpios posibles. Hay que decir, que como esta etapa del Camino de Santiago se trata de una zona montañosa sin servicios de telecomunicación, el espectro estará bastante limpio, aun así es recomendable realizar un estudio previo.

A continuación se describen brevemente los equipos empleados en este Proyecto.

### 7.1. Ubiquiti AirGrid M5

Este equipo será empleando en los emplazamientos de Ibañeta, el cual servirá como transmisor en el radioenlace Ibañeta-Lepoeder, en Izandorre, que servirá como receptor en el radioenlace Lepoeder-Izandorre y como transmisor en el de Izandorre-Bentarte/Roldan. La elección de este equipo en dichos emplazamientos se debe principalmente a la infraestructura existente, es decir, en ambos sitios se pueden colocar equipos más voluminosos con una mayor directividad para realizar los radioenlaces. Además se trata de un equipo con un consumo muy reducido, tan solo de 3W.

El equipo esta empotrado en una antena grillada de 23 dBi y el sistema de alimentación se basa en el POE (Power Over Ethernet, alimentación suministrada usando el mismo cable que se emplea para la conexión de red). Una de las ventajas de este equipo aparte de su bajo consumo es la facilidad de instalación así como la baja o nula pérdida por conectores que tiene.



Figura 7.1: Ubiquiti AirGrid M5

## 7.2. Ubiquiti NanoStation M5

En este caso, se utilizarán estos equipos en Lepoeder, Roldan y Bentarte. La decisión de emplearlos se debe principalmente a que en estos emplazamientos no existe ningún tipo de infraestructura, por ello se requieren equipos pequeños pero a la vez con buenas prestaciones. Además una de las ventajas de estos equipos es que incorporan una antena de 16 dBi de ganancia, reduciendo considerablemente su tamaño. Por otro lado los NanoStation son fácilmente montables sobre un mástil, integrándose a la perfección con las propuestas comentadas en la sección de Infraestructuras.

El sistema de alimentación es totalmente idéntico al caso del equipo airGrid M5, es decir, se basa en una alimentación a través del POE. Estos equipos, tanto el airGrid como el NanoStation, incorporan una tecnología exclusiva de la compañía Ubiquiti, el airMAX (tecnología de polling consistente en un diseño de vanguardia de hardware radio, antenas MIMO y un potente protocolo TDMA [9]) ofreciendo una escalabilidad de red sobre largas distancias además de garantizar un ancho de banda estable con un throughput real de hasta 150 Mbps cumpliendo con el estándar 802.11n.



Figura 7.2: Ubiquiti NanoStation M5

## 7.3. Ubiquiti Bullet Titanium M2 HP

Este equipo, junto con una antena omnidireccional de 10 dBi de ganancia, será utilizado como Punto de Acceso para brindar conectividad WiFi a los peregrinos que deseen conectarse a esta Red. Funciona en las variantes del estándar 802.11 b/g/n y se trata de un dispositivo muy versátil por el poco espacio que ocupa y por la facilidad de montaje en cualquier tipo de antena, haciendo de él un dispositivo ideal para ofrecer este servicio.

El sistema de alimentación también se basa en el POE y al igual que los equipos anteriores incorpora la tecnología airMAX. Sin embargo, un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta a la hora de emplear esta tecnología es que para tener una conexión entre emisor y receptor ambos tienen que incorporarla. Por ello, solo podemos emplearla en los radioenlaces entre los equipos AirGrid M5 y NanoStation M5. Si activásemos el AirMAX en el Bullet M2, como los terminales móviles de los clientes no incorporan esta tecnología, estos no podrían conectarse a la red WiFi.



Figura 7.3: Ubiquiti Bullet Titanium M2 HP



Figura 7.4: Ubiquiti Bullet M2 con una antena omnidireccional

En la sección de Anexos se puede consultar información más detallada acerca de estos equipos.

## 8. Configuración de los equipos

La configuración de los equipos WiFi, en concreto de los equipos AirGrid M5, NanoStation M5 y Bullet M2 de la marca Ubiquiti, es posible realizarla mediante la interfaz gráfica que presentan dichos equipos. A esta interfaz se puede acceder mediante una IP por defecto, 192.168.1.20/255.255.255.0, que viene preconfigurada en cada equipo. El esquema de conexionado para la realización de su configuración es el siguiente:



Figura 8.2: Conexionado airGrid M5



Figura 8.1: Conexionado NanoStation M5



Figura 8.3: Conexionado Bullet Titanium M2 HP



Como se puede observar en las figuras anteriores, el conexionado de los equipos para tener acceso a su interfaz gráfica es muy sencillo. En primer lugar se debe conectar el cable de alimentación al inyector POE. Posteriormente se conectará el puerto POE del inyector con el equipo deseado. Es muy importante no conectar directamente la salida del POE con el puerto Ethernet del PC ya que a través de este puerto es por donde se lleva la alimentación de los equipos y el PC podría estropearse. Por ultimo habrá que conectar el puerto LAN con el PC para así poder acceder a la interfaz gráfica. Para realizar estas conexiones emplearemos latiguillos Ethernet.

Una vez realizada dicha conexión hay que configurar el PC, debido a que estos equipos no tienen habilitado el protocolo DHCP por lo que será necesario proveer a la tarjeta de red del ordenador de una dirección IP dentro del rango de red de los equipos.

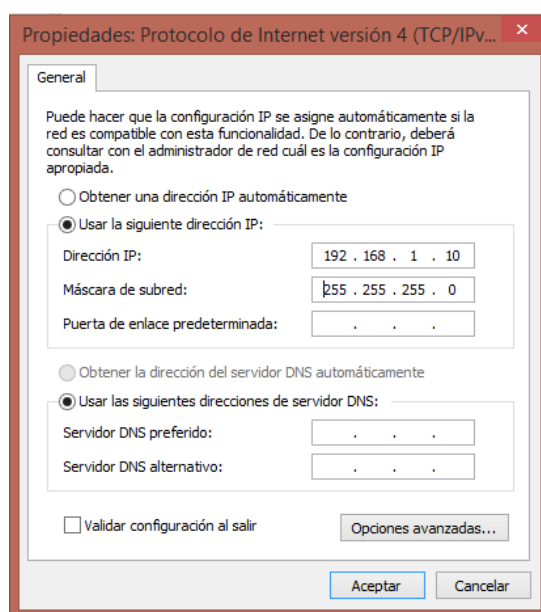


Figura 8.4: Asignación de dirección IP al PC

Una vez hecho esto ya se puede acceder a la interfaz gráfica y así poder ver sus opciones y modificar los parámetros deseados. En este caso los parámetros que se modificarán serán los siguientes:

- Configuración de Red
- Configuración Inalámbrica
- Configuración Avanzada
- Configuración de Servicios

- Configuración de Sistema
- Configuración airMAX

Antes de ver la configuración de los distintos dispositivos se va a ver lo que sería un radioenlace entre dos puntos, como por ejemplo el radioenlace Ibañeta-Lepoeder, con un Punto de Acceso situado en uno de ellos (Lepoeder). La salida a Internet estaría proporcionada por un equipo (Ericsson MINI-LINK TN AMM 20p), ver sección Anexos, perteneciente a Nasertic en el que solo habría que conectar un puerto, con dirección IP 10.10.0.1/255.255.0.0, de dicho equipo a nuestra Red.

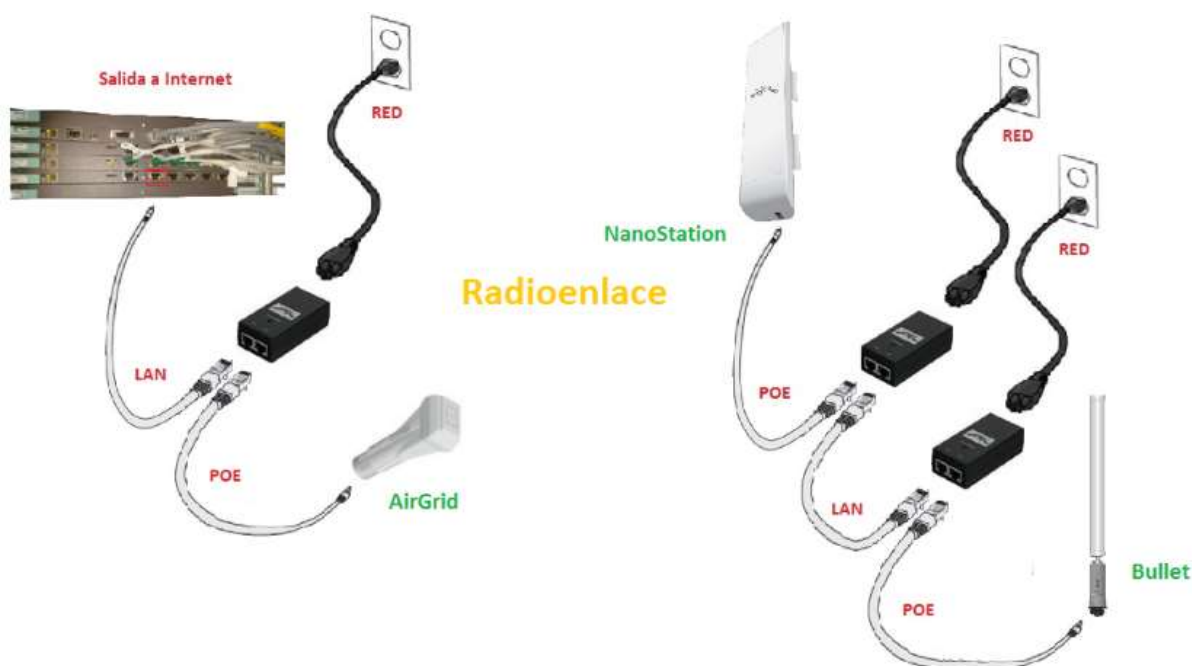


Figura 8.5: Ejemplo Radioenlace Ibañeta – Lepoeder mas Punto de Acceso en Lepoeder

## 8.1 Configuración de Red

El rango de direccionamiento IP que se usará en esta Red será el **10.10.0.0/255.255.0.0**

Enlaces Punto a Punto → 10.10.1.X/255.255.0.0

Puntos de Acceso, AP → 10.10.2.X/255.255.0.0

Cámaras IP u otros dispositivos → 10.10.3.X/255.255.0.0

Radioenlace Ibañeta - Lepoeder			
Punto	AirGrid M5	NanoStation M5	Bullet M2
	Network		
Modo de red	Bridge	Bridge	Bridge
Dirección IP	10.10.1.0	10.10.1.1	10.10.2.0
Máscara de red	255.255.0.0	255.255.0.0	255.255.0.0
IP Puerta de Acceso	10.10.0.1	10.10.0.1	10.10.0.1
IP DNS	10.10.0.1	10.10.0.1	10.10.0.1

Tabla 8.1: Configuración Equipos WiFi Ibañeta - Lepoeder

Radioenlace Lepoeder - Izandorre			
Punto	NanoStation M5	AirGrid M5	Bullet M2
	Network		
Modo de red	Bridge	Bridge	Bridge
Dirección IP	10.10.1.2	10.10.1.3	10.10.2.1
Máscara de red	255.255.0.0	255.255.0.0	255.255.0.0
IP Puerta de Acceso	10.10.0.1	10.10.0.1	10.10.0.1
IP DNS	10.10.0.1	10.10.0.1	10.10.0.1

Tabla 8.2: Configuración Equipos WiFi Ibañeta - Lepoeder

Radioenlace Izandorre- Roldan/Bentartea			
Punto	AirGrid M5	NanoStation M5	Bullet M2
	Network		
Modo de red	Bridge	Bridge	Bridge
Dirección IP	10.10.1.4	10.10.1.5 / 10.10.1.6	10.10.2.2 / 10.10.2.3
Máscara de red	255.255.0.0	255.255.0.0	255.255.0.0
IP Puerta de Acceso	10.10.0.1	10.10.0.1	10.10.0.1
IP DNS	10.10.0.1	10.10.0.1	10.10.0.1

Tabla 8.3: Configuración Equipos WiFi Izandorre - Roldan/Bentartea

Un parámetro importante en la configuración de este tipo de dispositivos es el **Modo de Red**. airOS (interfaz gráfica para la configuración) ofrece la posibilidad de operar tanto en modo Puente como en modo Enrutador. En esta Red, todos los dispositivos trabajarán en modo Puente (Bridge) operando por lo tanto en la capa 2, es decir, remitiendo todos paquetes sin ningún enrutamiento inteligente, proporcionando así una red completamente transparente.

Por otro lado asignaremos direcciones IP fijas a los distintos equipos que conforman la Red, tal y como puede verse en las tablas anteriores. Tanto la puerta de acceso como el servidor DNS tendrán la dirección IP del puerto a través del cual vamos a tener salida hacia Internet (MINI-LINK TN AMM 20p).

## 8.2. Configuración Inalámbrica

La configuración inalámbrica es una de las partes más importantes ya que contiene todo lo necesario para poder definir al dispositivo según el rol que vaya a emplear dentro de la Red. Entre otras cosas incluye potencia máxima de transmisión, ajustes de canal y frecuencia, seguridad inalámbrica y modo de funcionamiento del dispositivo.

Configuración Equipos WiFi			
Punto	AirGrid M5	NanoStation M5	Bullet M2
	Wireless		
Modo inalámbrico	Punto de Acceso / Estación	Punto de Acceso / Estación	Punto de Acceso
Nombre SSID	Ib-Lep / Lep-Iz / Iz-Rld / Iz-Ben	Ib-Lep / Lep-Iz / Iz-Rld / Iz-Ben	WifiSantiago
Modo IEEE 802.11	A/N Mixed	A/N Mixed	B/G/N Mixed
Ancho de Canal	20 MHz	20 MHz	20 MHz
Frecuencia del Canal	5825 MHz	5825 MHz	2462 MHz
Movimiento del Canal	Desactivar	Desactivar	Desactivar
Potencia de salida	25 dBm	14 dBm	28 dBm
Seguridad inalámbrica	WPA2-AES	WPA2-AES	WPA2-AES
Autenticación WPA	PSK	PSK	PSK
Contraseña SSID	WiFiSantiago2014	WiFiSantiago2014	-
Permitir Política	MAC del equipo Receptor o N/A	MAC del equipo Receptor o N/A	N/A

Tabla 8.4: Configuración Inalámbrica de los tres tipos de dispositivos Ubiquiti

- \* Cuando el equipo actúe como transmisor habrá que colocar MAC del equipo Receptor.
- \* Cuando el equipo actúe como Receptor se pondrá N/A.
- \* El Nombre SSID dependerá del radioenlace que se esté configurando.

- **Modo Inalámbrico** —→ AirOS soporta 4 modos de funcionamiento, que dependerán de los requisitos de la topología de red. En este caso los que se usaran serán los siguientes: Punto de Acceso, Punto de Acceso WDS y Estación WDS.

- **Estación WDS.** Este será el modo de funcionamiento para el Receptor. El dispositivo actuará como estación del suscriptor (CPE) mientras que se conecta con el Punto de Acceso definido por el SSID (transmisor) y re-direcciona todo el tráfico entrante y saliente de la red al dispositivo conectado en la interfaz Ethernet, que será el Bullet M2. Al activar el WDS (modo puente transparente) se mejora el rendimiento, haciendo que el dispositivo sea completamente transparente para todos los protocolos de la capa 2.
- **Punto de Acceso WDS.** Este modo será el empleado por el transmisor. El punto de acceso estará conectado a una red alámbrica (LAN Ethernet), permitiendo así la conexión inalámbrica con la alámbrica. Para poder conectar la estación WDS con dicho punto de acceso tenemos que activar el modo puente transparente WDS, realizando de esta manera el radioenlace entre los dos dispositivos. Para ello tendremos que incluir la MAC de los dispositivos que queremos que se interconecten.
- **Punto de Acceso.** Se trata de un modo de punto de acceso 802.11. Será el modo que configuraremos en el Bullet M2 para así poder dar cobertura a los distintos clientes que quieran conectarse a la Red WiFi.
- **SSID** → Se trata de un identificador empleado para identificar la red inalámbrica. Si los dispositivos operan en modo Punto de Acceso o Punto de Acceso WDS se tendrá que especificar este parámetro, por ello habrá dos SSID. Uno hará referencia a los radioenlaces que serán **Ib-Lep, Lep-Iz, Iz-Rld, Iz-Ben** y otro será el **WifiSantiago** que será el que empleemos para que los clientes puedan conectarse vía WiFi a nuestra red. En el primero ocultaremos el nombre para así hacer invisible el SSID durante las exploraciones de la red en las estaciones inalámbricas.
- **Seguridad inalámbrica** → Mediante esta sección se puede determinar los parámetros que controlan cómo la estación suscriptor se asocia a un dispositivo inalámbrico así como el cifrado y descifrado de los datos. La estación de suscriptor (Receptor) debe estar autorizada por el Punto de Acceso (transmisor) para acceder a la Red. Con el parámetro **Permitir Política** se puede controlar el acceso de ciertos clientes (mediante la MAC) a la hora de conectarse a la Red. En el caso de los radioenlaces solo se quiere que sean dos equipos los que se conecten (un transmisor y un receptor), salvo en el caso del radioenlace entre Izandorre y Roldan-Bentarte que serán dos receptores al tratarse de un enlace Punto – Multipunto.

### 8.3. Configuración Avanzada

En esta pestaña se puede modificar los ajustes de enrutamiento avanzados y ajustes inalámbricos. Uno de los parámetros que se modificará es el de la Distancia. Si se sabe la distancia del Radioenlace o la cobertura que será capaz de proporcionar nuestro Punto de Acceso podemos variar este campo. Si no, se seleccionará automáticamente, de tal manera que el dispositivo será capaz de hacer una estimación de dicha distancia.

### 8.4. Configuración de Servicios

Un parámetro muy interesante a la hora de configurar los equipos es la activación del **Ping Watchdog**. Mediante este campo se puede monitorear continuamente la conexión con un host remoto, usando para ello el Ping. Este opera mandando paquetes ICMP y escuchando la respuesta de los mismos. Si el número de respuestas previamente definido no se recibe, entonces se reiniciará el dispositivo.

Para ello se introduce la dirección IP del dispositivo al que queremos hacer el Ping. En general, será el receptor el que realice este servicio por lo que se tendrá que colocar la dirección IP del transmisor. Con esto se consigue monitorear el radioenlace y poder detectar posibles fallos en la Red o en los dispositivos.

### 8.5. Configuración de Sistema

Esta pestaña contiene las opciones administrativas, las cuales, permiten entre otras cosas modificar o reiniciar el dispositivo así como volver a los valores por defecto. En este caso lo que se hará será cambiar tanto el usuario como la contraseña del dispositivo para protegerlo frente a configuraciones no autorizadas. Si se quisiese se podría modificar también el nombre del dispositivo.

Configuración Equipos WiFi			
Punto	AirGrid M5	NanoStation M5	Bulet M2 Tittanium HP
	System		
Nombre del dispositivo	AirGrid M5 Ibañeta	NanoStation M5 Lepoeder	Bulet M2 Lepoeder
Usuario	DISCOM	DISCOM	DISCOM
Password	WifiSant	WifiSant	WifiSant

Tabla 8.5: Configuración de Sistema para los equipos involucrados en Ibañeta-Lepoeder

## 8.6. Configuración de airMAX

Configuración Equipos WiFi			
Punto	AirGrid M5	NanoStation M5	Bullet M2
	AirMax		
Ibañeta - Lepoeder	Habilitado	Habilitado	Inhabilitado
Lepoeder - Izandorre	Habilitado	Habilitado	Inhabilitado
Izandorre - Roldán	Habilitado	Habilitado	Inhabilitado
Izandorre - Bentarteá	Habilitado	Habilitado	Inhabilitado

Tabla 8.6: Configuración airMAX para los distintos radioenlaces y Puntos de Acceso



## 9. Justificación de Viabilidad

### 9.1 Políticas de Apoyo

El Gobierno de Navarra en conjunto con la Agencia Navarra de Emergencias (ANE) y el Service Départemental d'Incendie et de Secours des Pyrénées Atlantiques (SDIS64) están de acuerdo en la firma de un convenio de cooperación entre ellos (España y Francia). Por ello serán los socios encargados de la realización del Proyecto llamado SAFER PYRENEES, el cual tiene como objetivo mejorar la preparación para la respuesta a emergencias y desastres en la zona fronteriza en los Pirineos Occidentales.

Dentro de este proyecto está incluido, junto con otros puntos críticos como la Selva de Irati y las estaciones de esquí de la Piedra de San Martín y Belagua, lo que concierne este Trabajo, es decir mejorar la seguridad de los peregrinos en esta etapa del Camino de Santiago. Este Proyecto SAFER PYRENEES tendría un presupuesto de 584.188 Euros, de los cuales aproximadamente unos 30.000 euros serían destinados a lo relativo a este Trabajo, y al tratarse de un Proyecto Transfronterizo en el que se verían involucrados tanto organismos pertenecientes a Francia como a España, la Unión Europea financiaría una parte del Proyecto, en concreto aportaría 422.125 Euros [15].



Figura 9.1: Proyecto SAFER PYRENEES

## 9.2. Tecnología adecuada

Siendo WiFi una tecnología tan común a nivel mundial y aprovechándose de que opera en una banda de frecuencias de uso libre, a diferencia de WiMAX que sería otra tecnología que también podría plantearse como solución de este Trabajo pero que hace uso de una banda de frecuencias licenciada, además de la gran facilidad para la adquisición de los equipos WiFi así como su reducido precio y coste en cuanto a mantenimiento de los mismos hace que sea la tecnología más apropiada para la implementación de esta Red.

## 10. Conclusiones

- Se ha identificado la necesidad de implementar un sistema de comunicaciones efectivo que mejore las condiciones en las que los peregrinos realizan la etapa del Camino de Santiago que transcurre desde la frontera entre España y Francia hasta Roncesvalles. Con el objetivo de proporcionarles un servicio imprescindible (contactar con el 112) que actualmente no se tiene y así evitar en la medida de lo que sea posible incidentes graves, desde pérdidas hasta muertes.
- Se ha realizado un estudio sobre la viabilidad de la Red ayudándonos para ello de Google Earth y de las simulaciones basadas en el software Radio Mobile versión 11.4.6, el cual trabaja con datos acerca de la orografía del terreno y con modelos de propagación fiables, determinando que los radioenlaces planteados son totalmente factibles. Así mismo, se ha realizado también un estudio de la cobertura teórica que se tendría usando los equipos mencionados con anterioridad.
- Se ha realizado una Red WiFi que permitirá a los peregrinos tener conexión a Internet en gran parte de esta etapa del Camino de Santiago, lo que supone que podrán consultar la meteorología y actuar en consecuencia, así como un sinfín de posibilidades que ofrece Internet.
- Se ha propuesto una Red totalmente auto-sostenible en cuanto a energía se refiere, diseñando un sistema de alimentación basado en placas solares, es decir usando la energía solar como fuente de alimentación, y baterías para así cubrir los requerimientos energéticos de los equipos empleados en cada emplazamiento.
- Se ha estudiado el entorno con el fin de seleccionar los mejores puntos en los que proporcionar este servicio WiFi así como se ha propuesto varios diseños de la infraestructura a realizar en dichos emplazamientos, tratando de unificar de manera unitaria el sistema de alimentación, paneles informativos y un sitio para descansar.

## 11. Próximas líneas de trabajo

- Ampliar la Red WiFi no solo al recorrido que comprende desde la frontera entre España y Francia a Roncesvalles, sino a toda la etapa del Camino de Santiago, es decir desde San Juan Pie de Port hasta Roncesvalles. Por otro lado esta Red podría extenderse también al camino alternativo que existe y que transcurre por Valcarlos, de tal manera que cuando las condiciones climatológicas no permitan a los peregrinos circular por el camino original, puedan tener acceso a Internet también en el otro camino.
- Proporcionar no solo un servicio de Internet, sino también implementar sobre la Red existente un servicio de cámaras IP con el objetivo de que los peregrinos puedan acceder a tener imágenes en tiempo Real sobre el estado del camino y decidir si ir por el camino original o por el alternativo.
- Desarrollar una aplicación web acerca de la ruta de esta etapa del Camino de Santiago para que los peregrinos puedan descargársela una vez que se conectan a la Red WiFi y que así estén informados sobre donde están ubicados los puntos más conflictivos del recorrido y poder actuar en consecuencia.
- Desarrollar un sistema de seguimiento o conteo acerca del número de peregrinos que circula por este recorrido con el objetivo de que la Agencia Navarra de Emergencias y los equipos de rescate puedan localizar lo antes posible y reducir el radio de búsqueda en el caso de que algún peregrino se extravíe.
- Una vez que se tiene acceso a Internet las posibilidades que se tienen son ilimitadas dejando a la imaginación de cada uno como poder mejorar o aprovechar de una manera más eficiente este servicio que se ofrece.

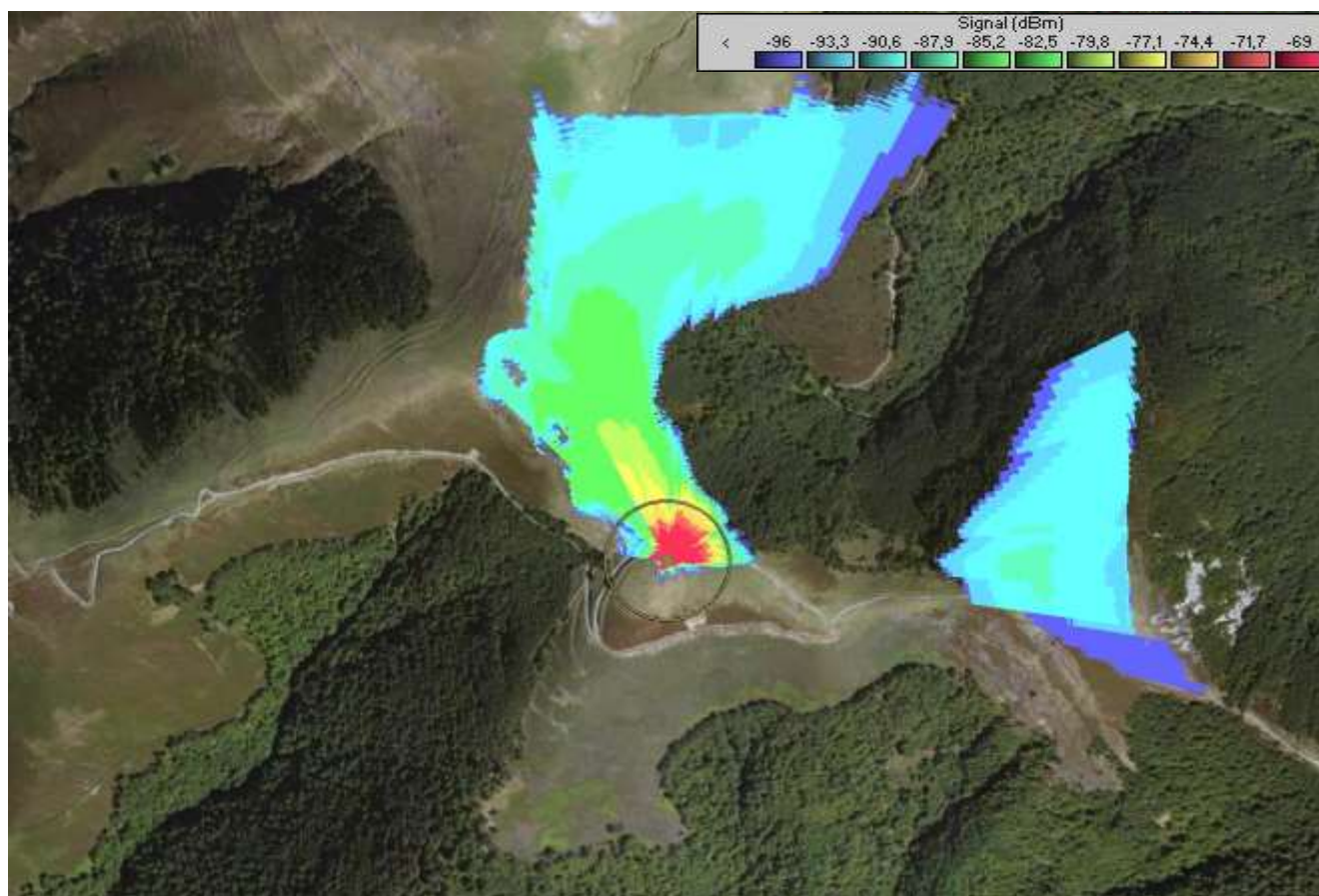
## 12. Referencias

- [1] [http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/analisis\\_legislacion\\_aplicable\\_a\\_caminos\\_naturales\\_e\\_itinerarios\\_no\\_motorizados\\_tcm7-180978.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/analisis_legislacion_aplicable_a_caminos_naturales_e_itinerarios_no_motorizados_tcm7-180978.pdf)
- [2] <http://www.gronze.com/camino-de-santiago/blog/index.php/de-saint-jean-pied-de-port-a-roncesvalles-la-etapa-mas-bonita-pero-tambien-la-mas-peligrosa>
- [3] [http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard\\_802\\_11.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf)
- [4] <http://www.nasertic.es/index.php/empresa/quienes-somos>
- [5] [https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06\\_07/trabajos/resumenes/gr14-MPLSEnLinux.pdf](https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/trabajos/resumenes/gr14-MPLSEnLinux.pdf)
- [6] <http://www.nasertic.es/index.php/lineas-de-negocio/infraestructuras-tic/cpd>
- [7] <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>
- [8] <https://www.coit.es/descargar.php?idfichero=238>
- [9] [http://www.businesswire.com/news/home/20090820006099/es/#.U6G6tfl\\_sYN](http://www.businesswire.com/news/home/20090820006099/es/#.U6G6tfl_sYN)
- [10] <http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/ria-comparativa-de-ieee-80211-e-ieee80216-francisco-y-alberto.pdf>
- [11] <http://www.diariodenavarra.es/20101117/navarra/riesgo-nuevas-nevadas-esta-tarde-pirineo.html?not=2010111701315983&dia=20101117&seccion=navarra&seccion2=meteorologia>
- [12] <http://www.ni.com/white-paper/4450/en/>
- [13] [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4320157.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4320157.pdf)
- [14] [http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011\\_2012/Trabalhos\\_MEEC\\_2012/Artigo1/Website/dvb.html](http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011_2012/Trabalhos_MEEC_2012/Artigo1/Website/dvb.html)
- [15] <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/18791ECB-70A0-416B-A9C0-F49EE1266C73/280429/SAFERPYRENNES.pdf>

## 13. Anexos

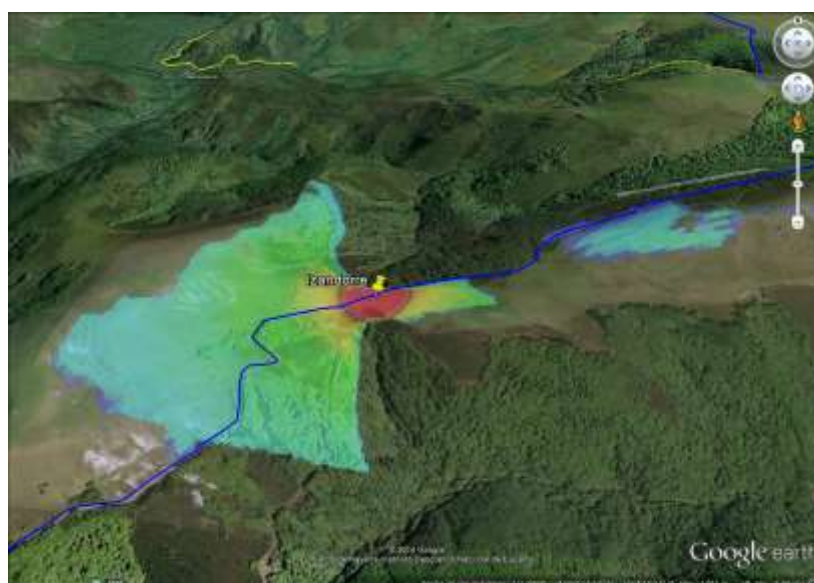
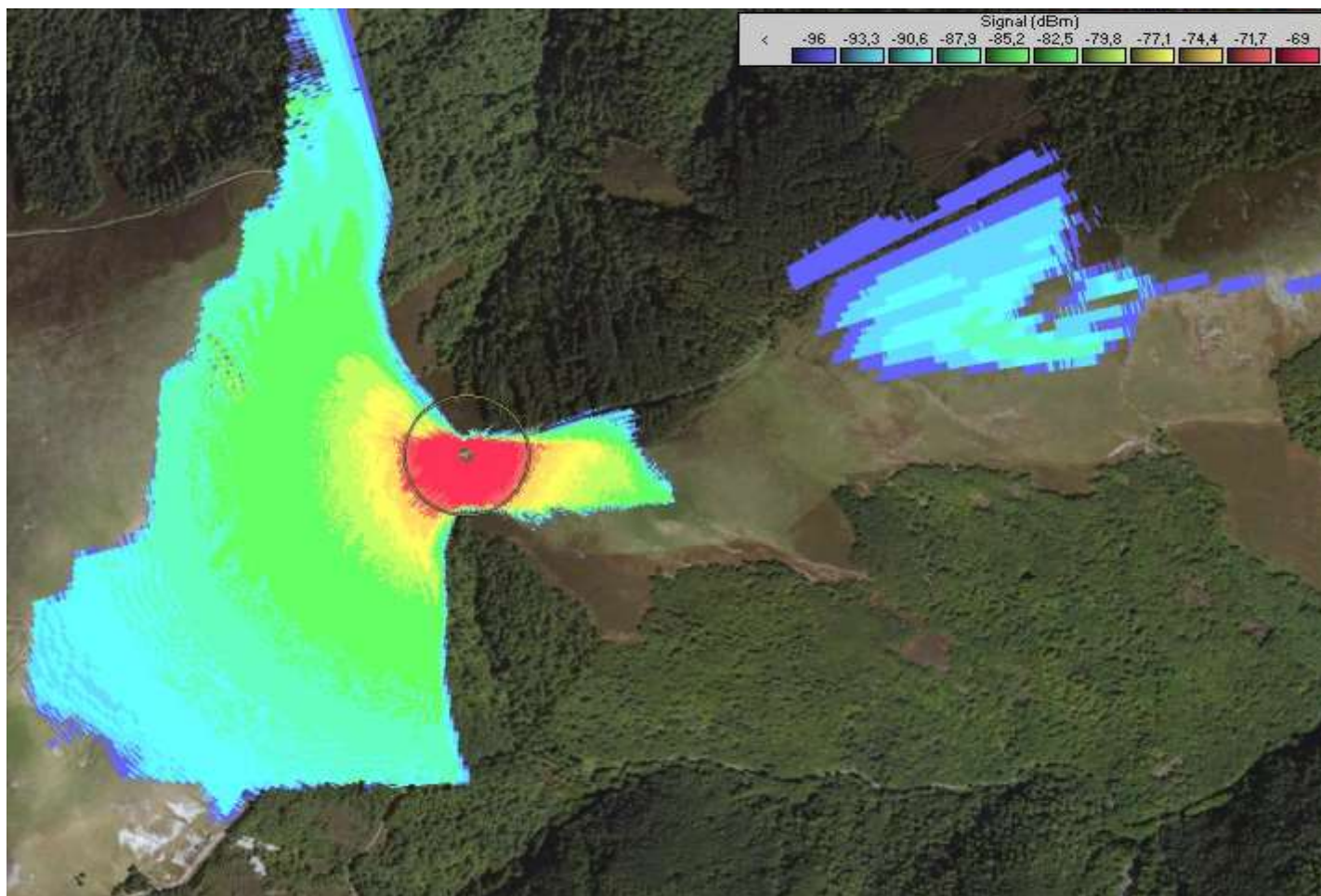
### 1. Coberturas Puntos de Acceso.

- Lepoeder



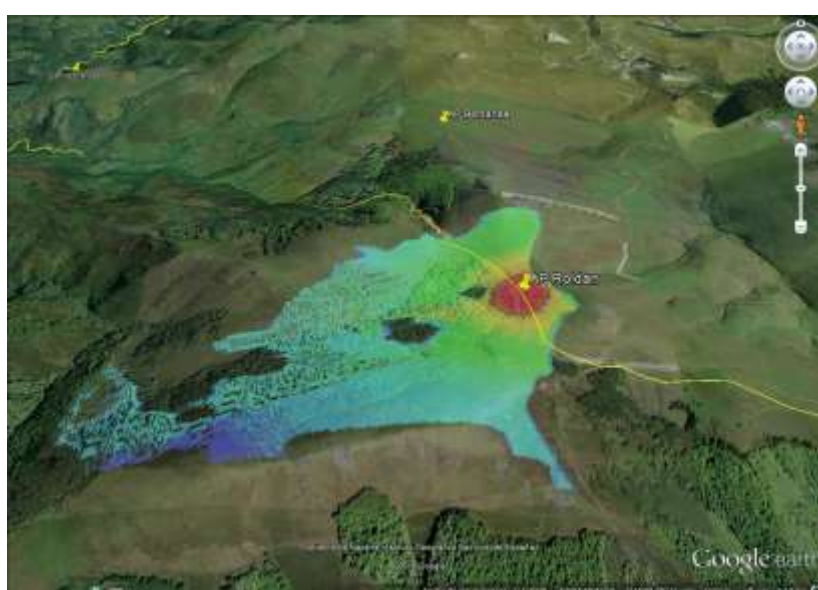
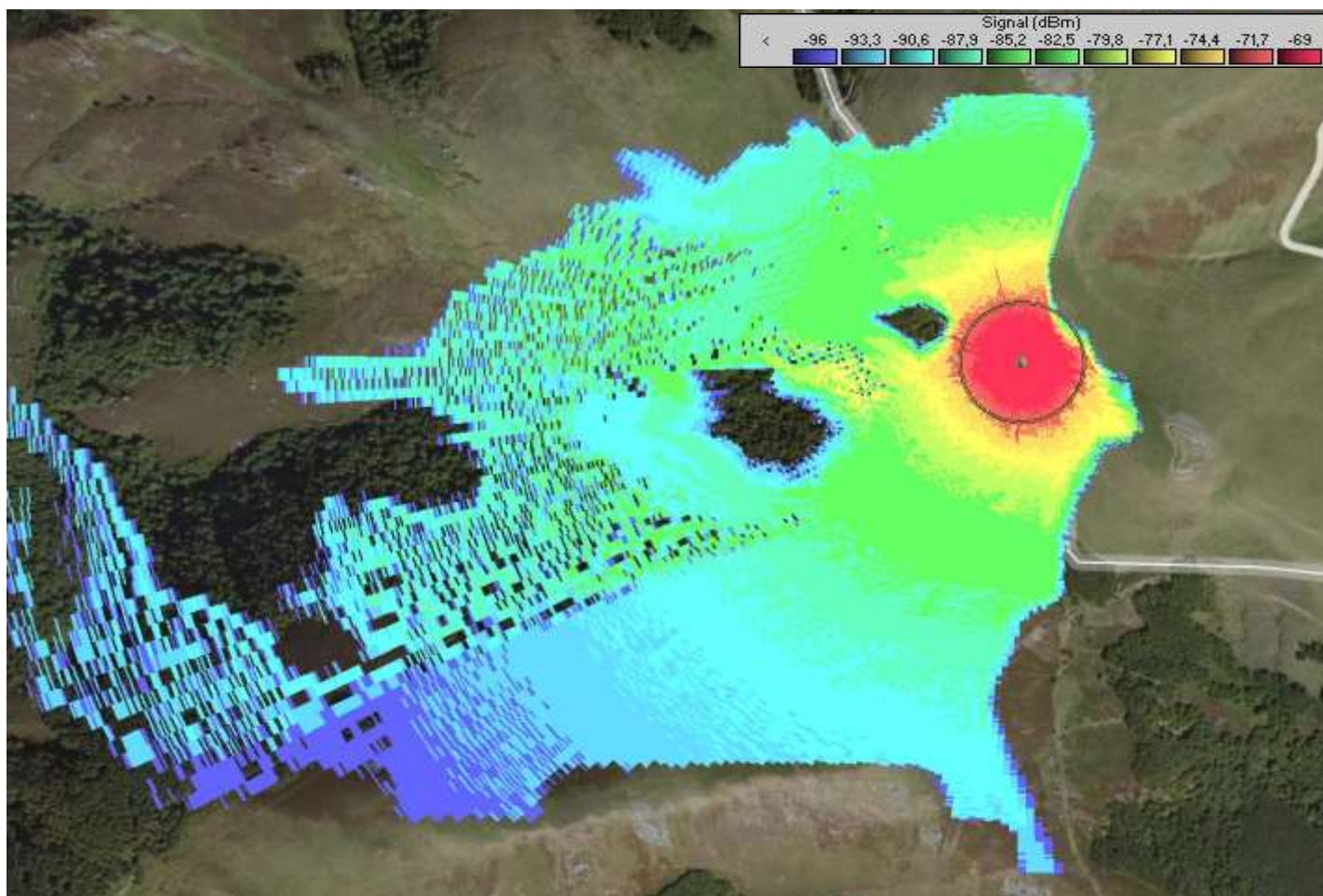


- Izandorre

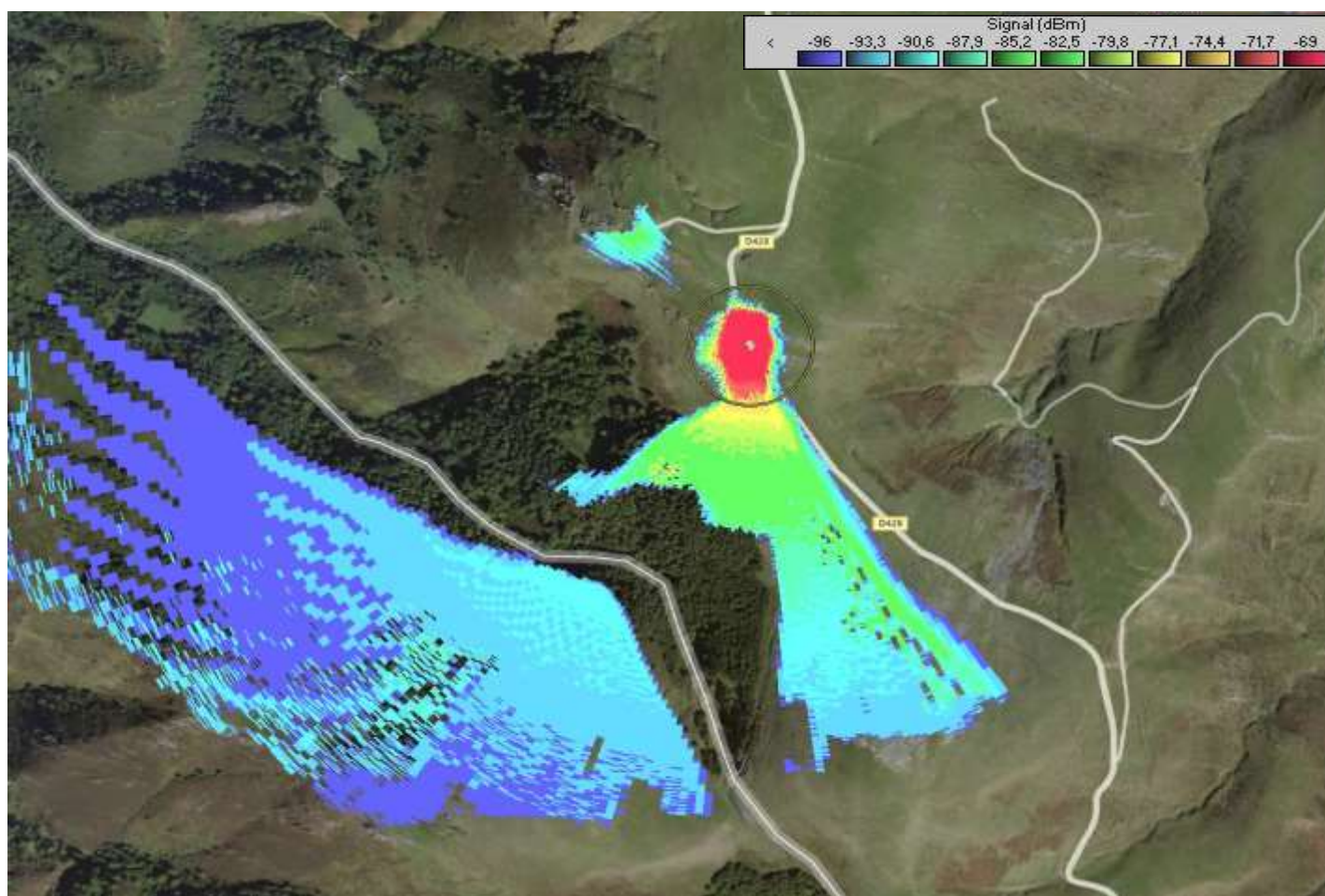




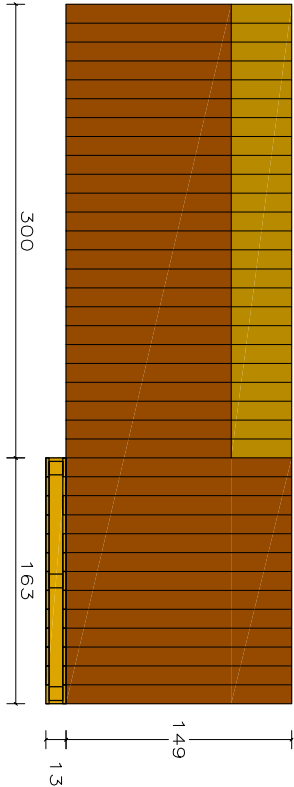
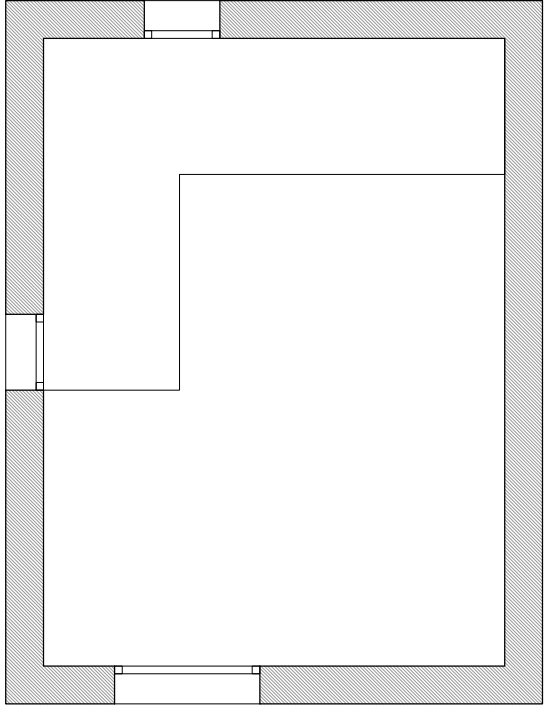
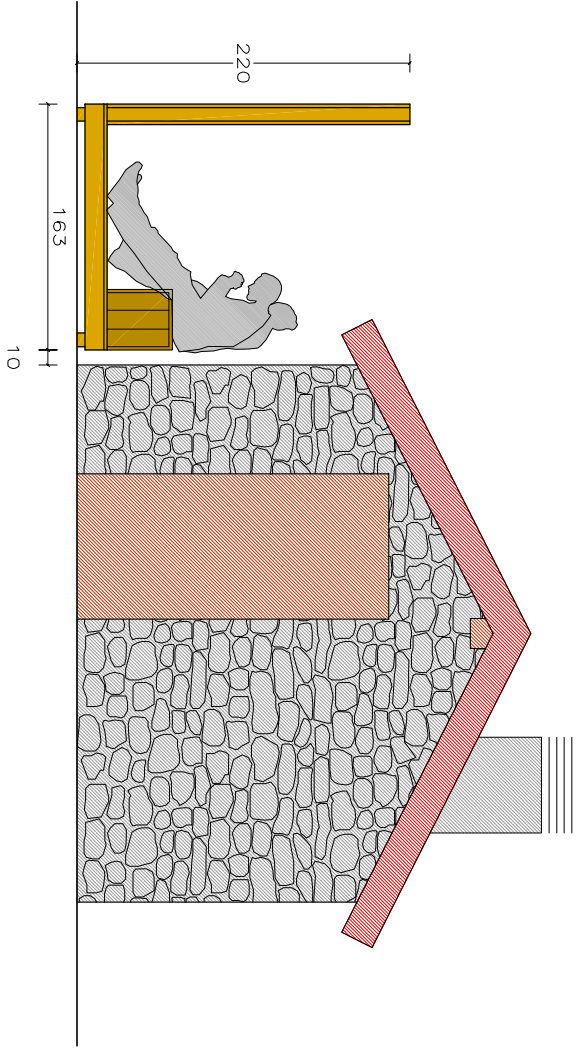
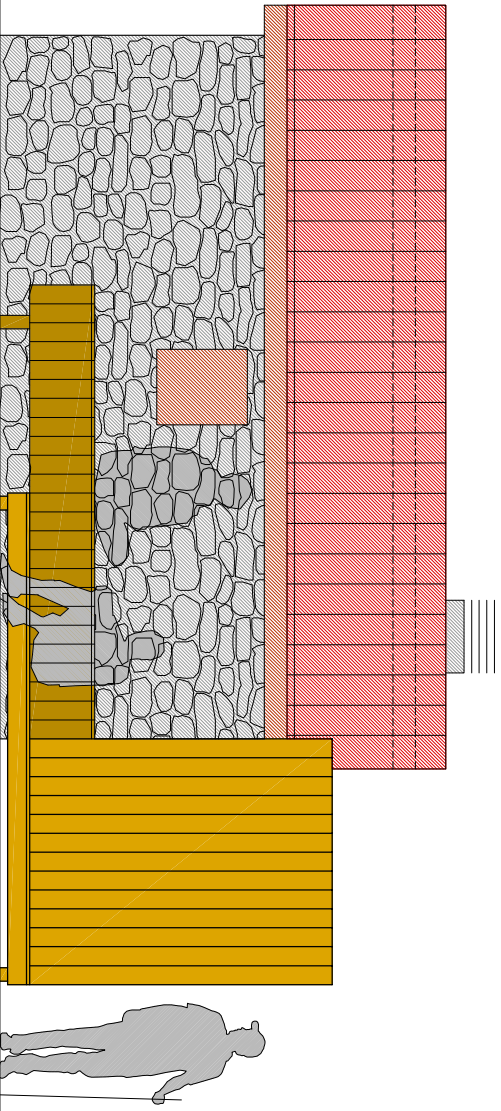
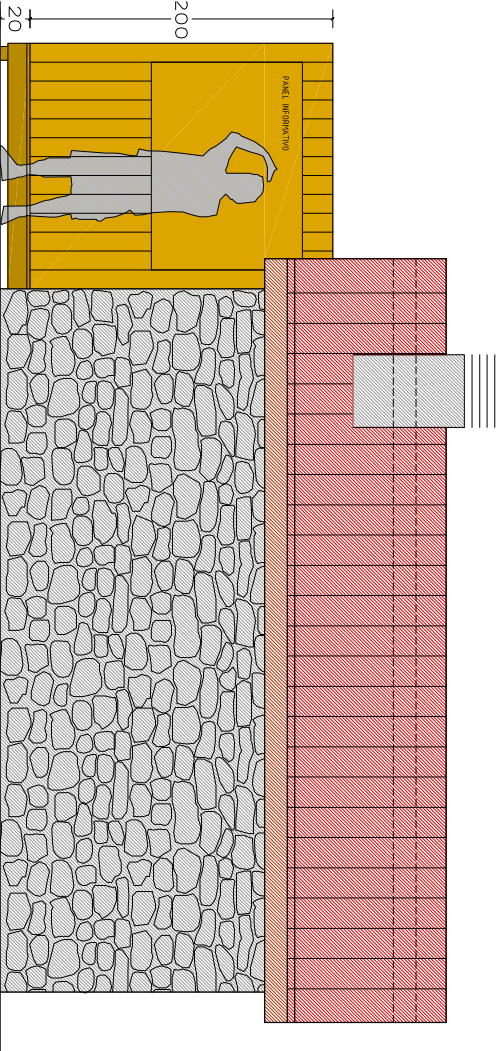
- Roldan

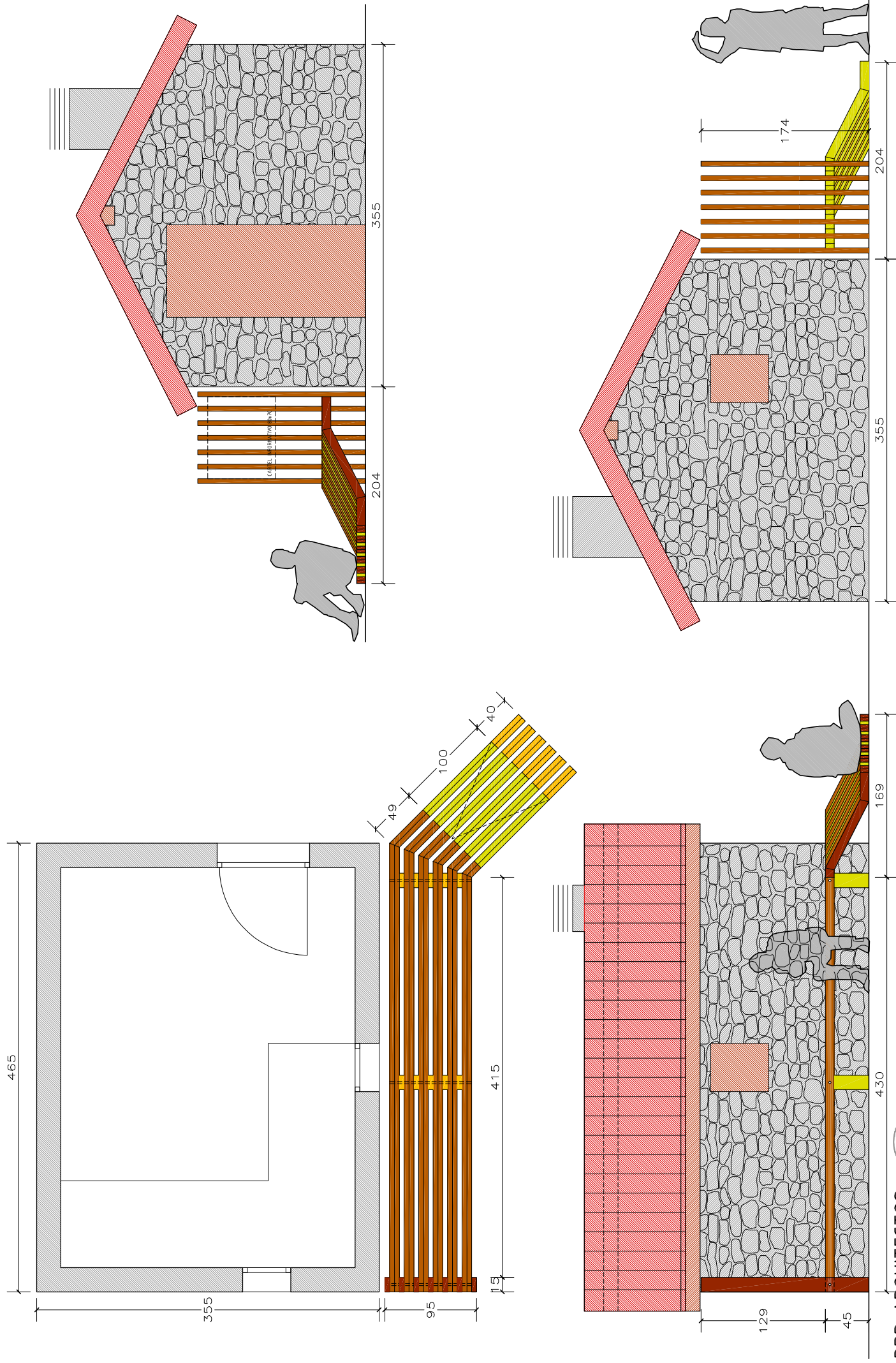


- Bentartea



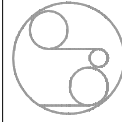






**BDP ARQUITECTOS**

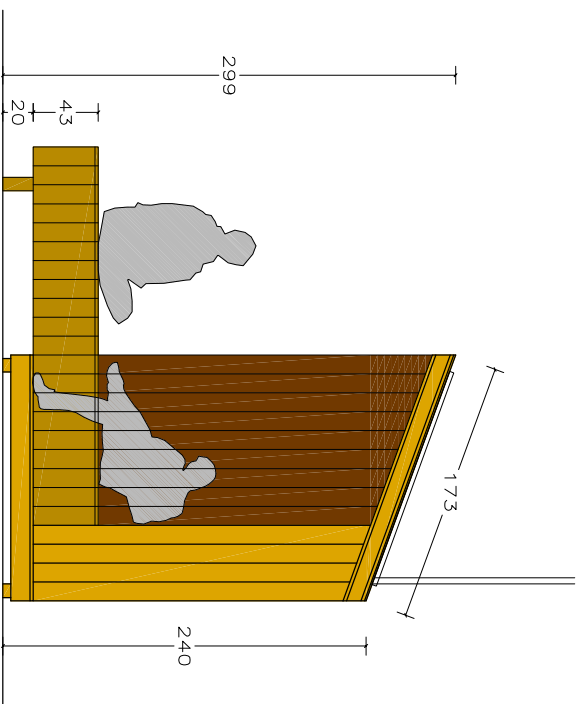
Av. Pamplona nº4, local. Barañain  
t: 848412521 m: 669346189  
e: [bdp@coavn.org](mailto:bdp@coavn.org)  
ignacio del prim, arquitecto.



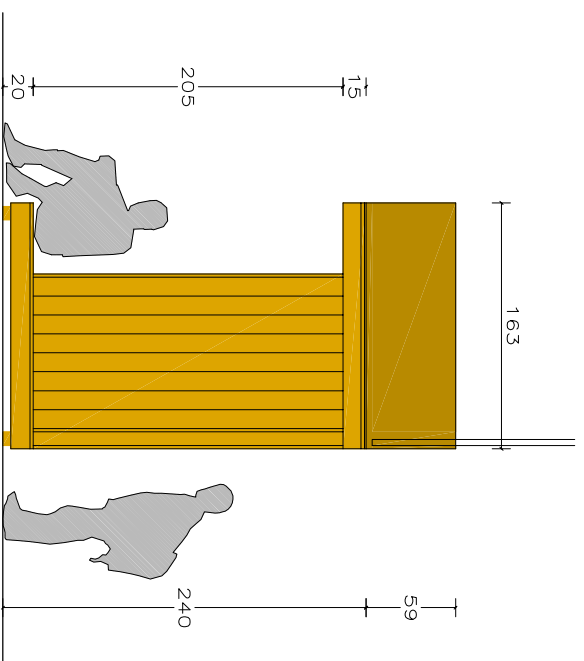
©bdparquitectos. LA PROPIEDAD INTELECTUAL DEL DOCUMENTO PERTENECE A SUS AUTORES.  
LA UTILIZACIÓN DE ESTE PLANO Y CUALQUIER CESIÓN A TERCEROS, REQUERIRÁ AUTORIZACIÓN EXPRESA  
DE SU AUTOR, QUEDANDO EN TODO CASO PROHIBIDA CUALQUIER MODIFICACIÓN UNILATERAL DEL MISMO.

PLANOS SUJETOS A MODIFICACIÓN

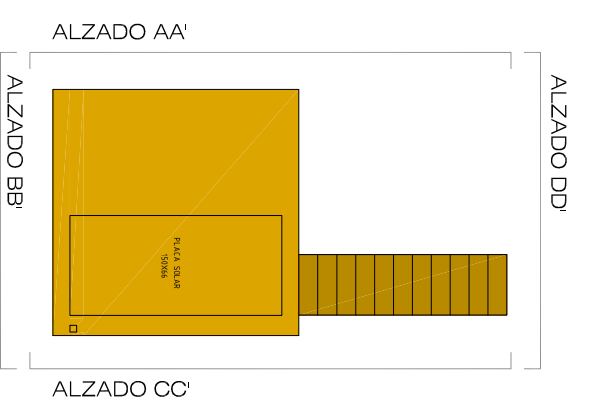
**PROYECTO TÉCNICO DE MOBILIARIO PARA EQUIPAMIENTO DE RADIO COMUNICACIONES**  
**30 de MAYO de 2014** **PROPUESTA 2, IZANDORRE** **E 1/50**



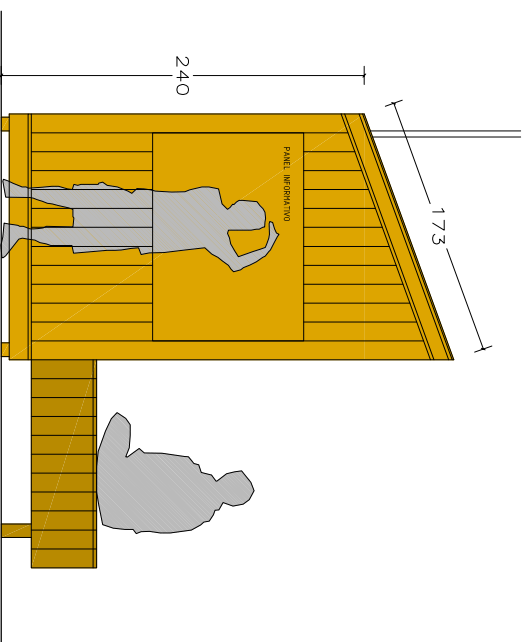
ALZADO AA'



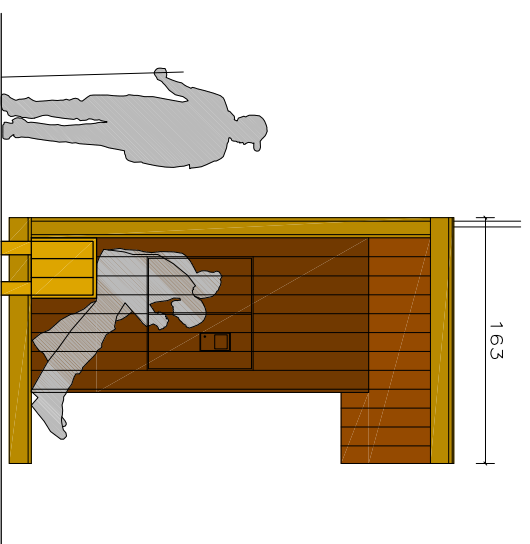
ALZADO BB'



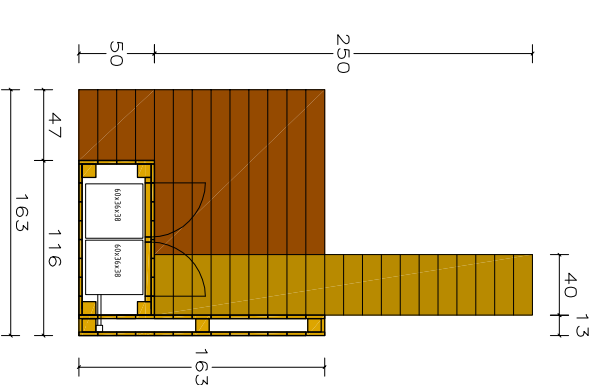
PLANTA CUBIERTA



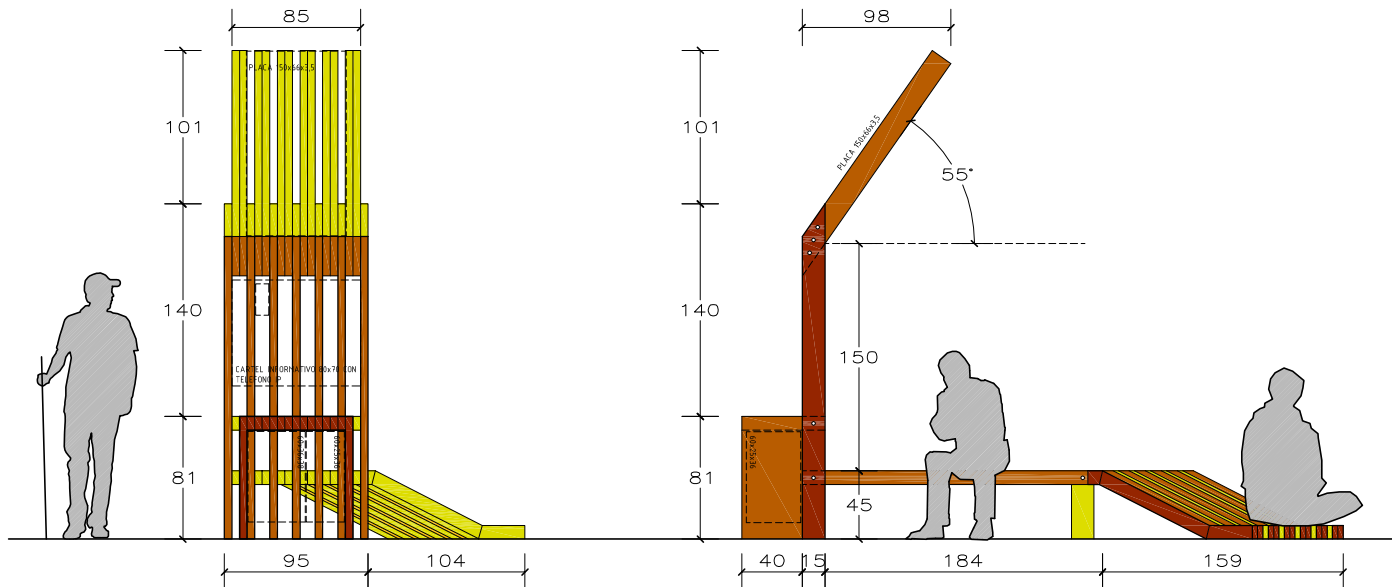
ALZADO CC'



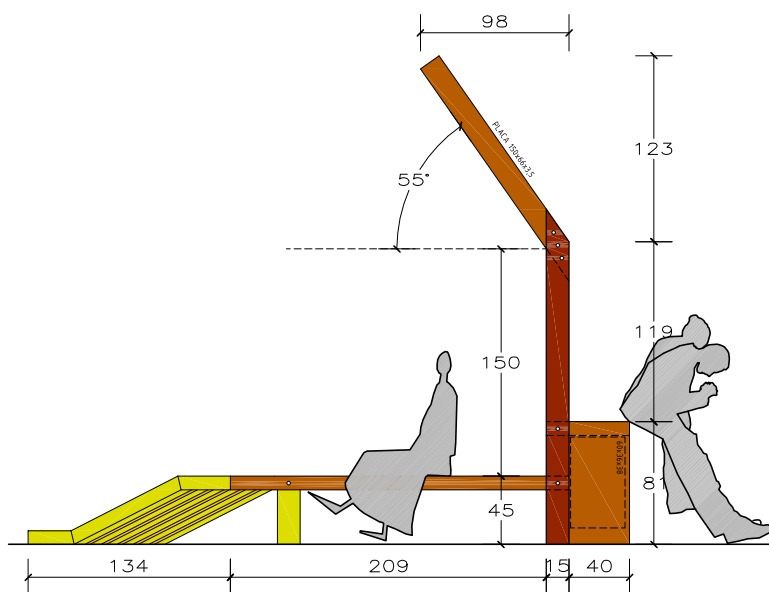
ALZADO DD'



PLANTA



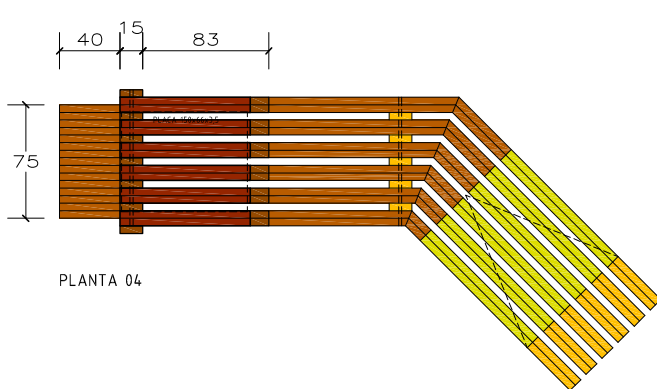
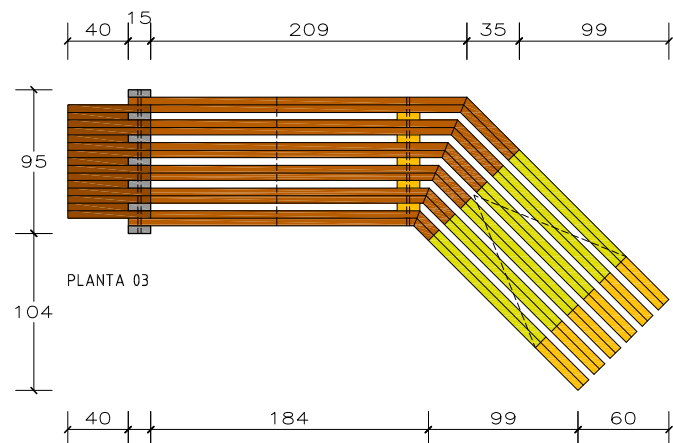
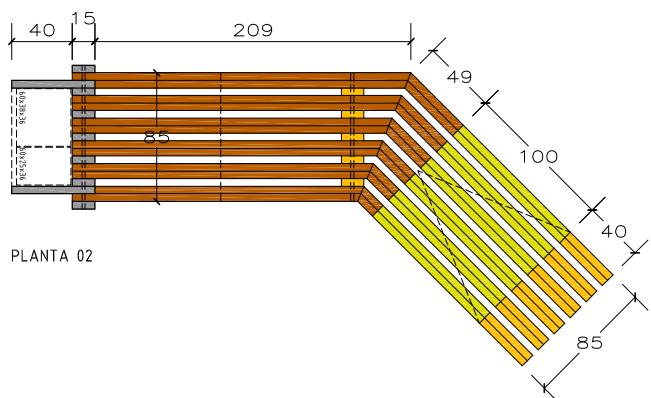
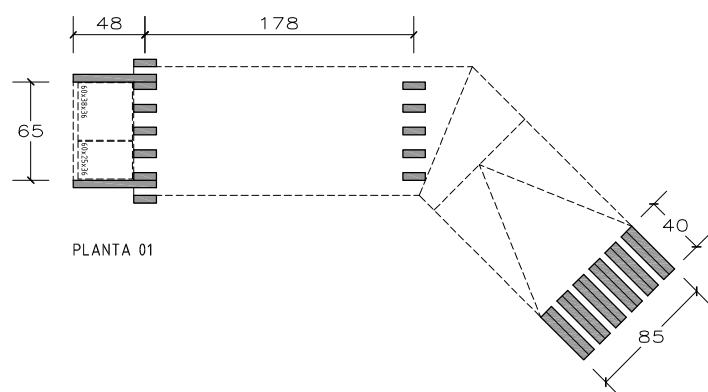
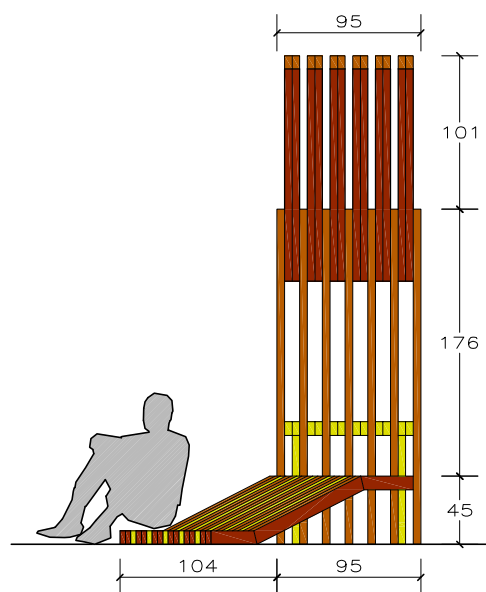
PLANTA 04



PLANTA 03

PLANTA 02

PLANTA 01



PLANOS SUJETOS A MODIFICACIÓN

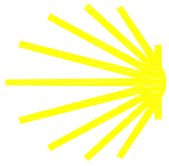
PROYECTO TÉCNICO DE MOBILIARIO PARA EQUIPAMIENTO DE RADIO COMUNICACIONES  
PROPUESTA 2, LEPOEDER  
30 de MAYO de 2014

©bdparquitectos. LA PROPIEDAD INTELECTUAL DEL DOCUMENTO PERTENECE A SUS AUTORES.  
LA UTILIZACIÓN DE ESTE PLANO Y CUALQUIER CESIÓN A TERCEROS, REQUERIRÁ AUTORIZACIÓN EXPRESA  
DE SU AUTOR, QUEDANDO EN TODO CASO PROHIBIDA CUALQUIER MODIFICACIÓN UNILATERAL DEL MISMO.



**BDP ARQUITECTOS**  
Av. Pamplona nº94, local. Barañáin  
t: 848412521 m: 669346189  
e: bdp@coavn.org  
ignacio del prim, arquitecto.





# HELP 112

PUNTO DE COMUNICACIONES DE EMERGENCIA  
LARRIALDI KOMUNIKAZIO GUNEA  
EMERGENCY COMMUNICATIONS CENTER  
CENTRE DE COMMUNICATION D'URGENCE

## HELPoint LEPOEDER



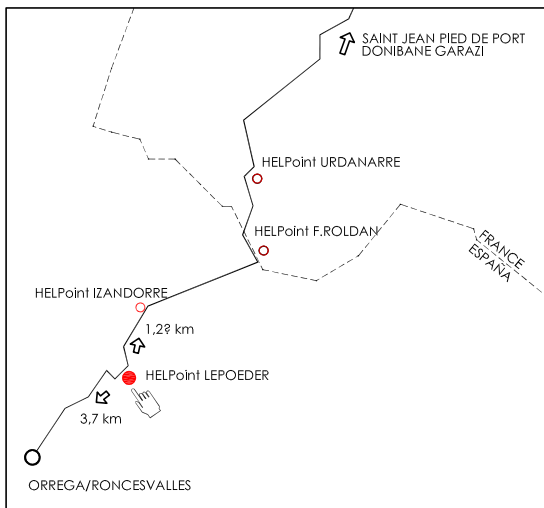
WiFi gratis  
WiFi dohain  
WiFi free  
WiFi gratuit



Video llamada  
Bideo deia  
Video call  
Appel radio



Radio llamada  
Irrati deia  
Radio call  
Appel radio

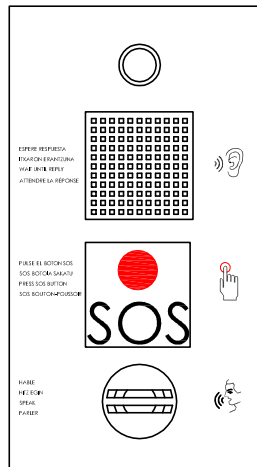


Localización puntos HELPoint  
HELPoint guneen kokapena

Localisation points HELPoint  
HELPoint points location



Usted está aquí  
Zu hemen zaude  
You are here  
Vous êtes ici

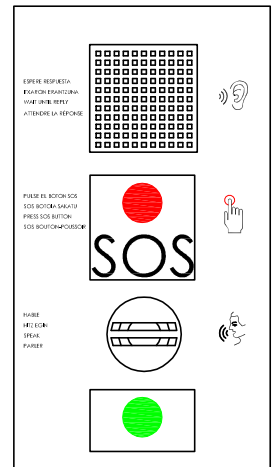


Para llamar a los servicios de emergencia 112 presione el botón rojo y espere que le atiendan. A continuación pulse el botón verde para hablar

112 Larialdi zerbitzueli deitzeko sakatu botol gorria eta itxaron laguntza jasotzeko. Ondoren, sakatu botol berdea hitz egiteko

To call emergency services 112 press the red button and wait receive assistance. Then press the green button to talk

Pour appeler les services d'urgence 112 pressez le bouton rouge et attendez de recevoir de l'aide. Ensuite, appuyez sur le bouton vert pour parler



Para llamar a los servicios de emergencia 112 presione el botón rojo y espere que le atiendan. A continuación pulse el botón verde para hablar

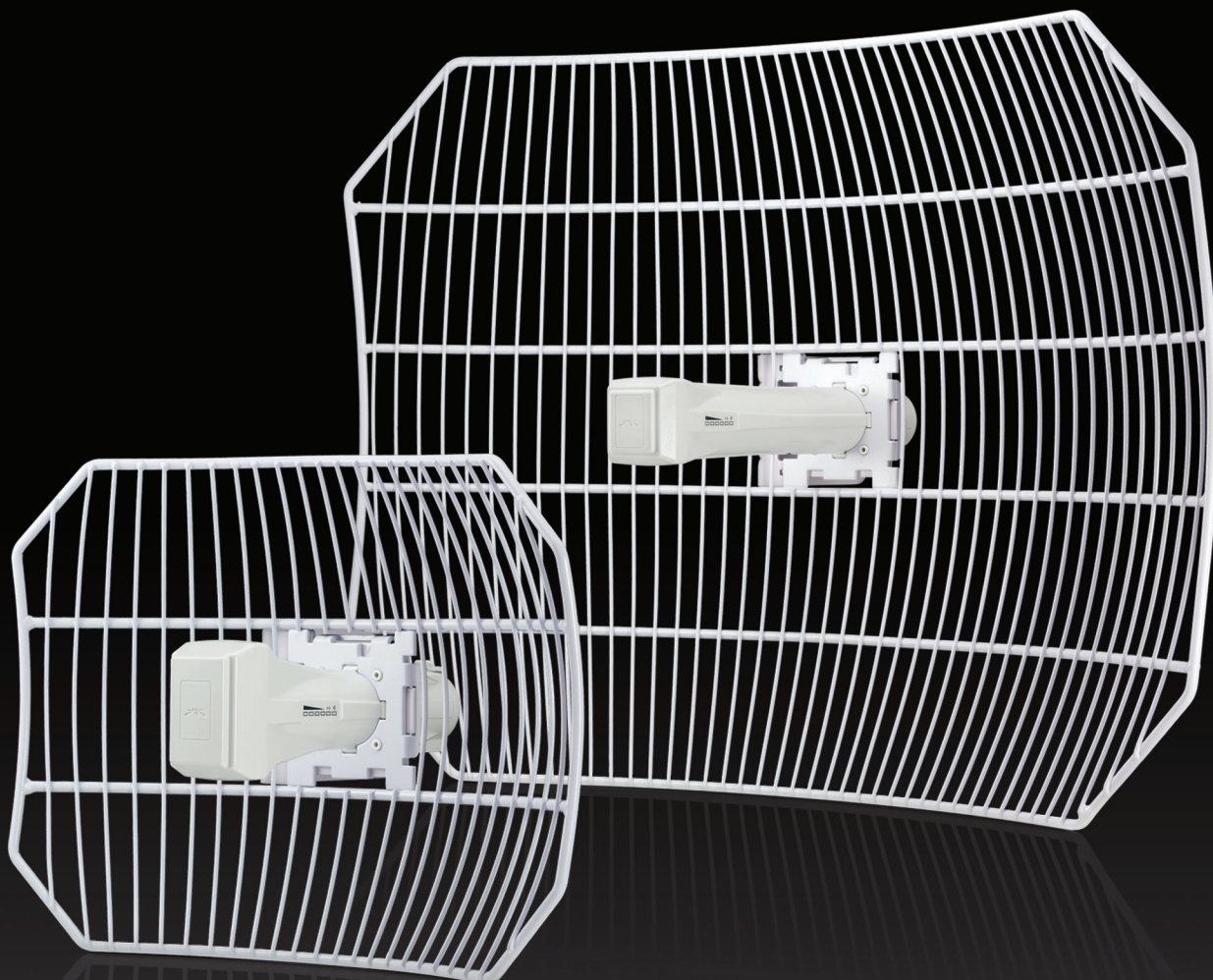
112 Larialdi zerbitzueli deitzeko sakatu botol gorria eta itxaron laguntza jasotzeko. Ondoren, sakatu botol berdea hitz egiteko

To call emergency services 112 press the red button and wait receive assistance. Then press the green button to talk

Pour appeler les services d'urgence 112 pressez le bouton rouge et attendez de recevoir de l'aide. Ensuite, appuyez sur le bouton vert pour parler







# airGrid™ M

airMAX™ Wireless Broadband CPE

Models: AG-HP-2G16, AG-HP-2G20, AG-HP-5G23, AG-HP-5G27

High Performance, Long Range

Integrated InnerFeed™ CPE

Easy Assembly and Installation

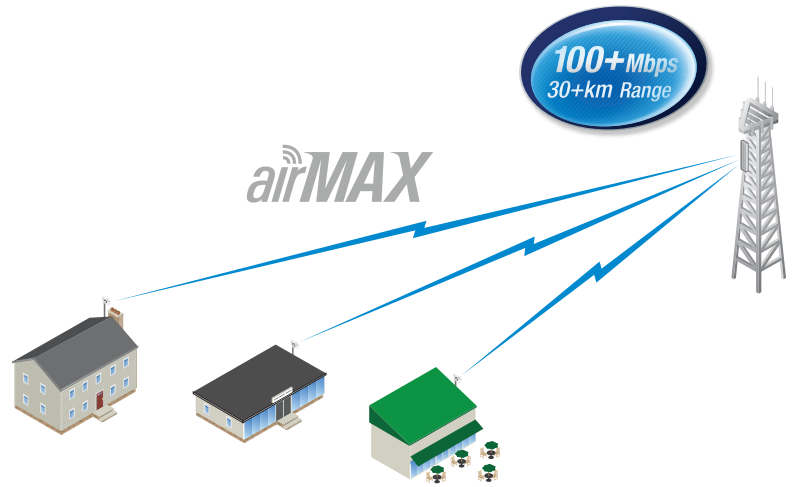


# airGrid™ M

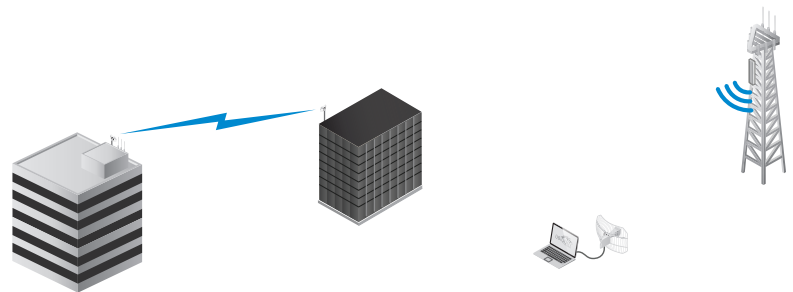
Utilizing InnerFeed™ technology, the new airGrid™ M HP Series from Ubiquiti Networks™ represents the latest evolution of outdoor wireless broadband devices. The revolutionary InnerFeed technology integrates the entire radio system into the feedhorn of the antenna. airGridM combines Ubiquiti's InnerFeed and airMAX™ (TDMA protocol) technologies to create a simple, yet extremely powerful and robust wireless CPE (Customer Premises Equipment).

Complete antenna and radio system integration provides affordable cost/performance solutions to the wireless broadband industry. airGridM operates in the worldwide, license-free frequency range of either 2 GHz or 5 GHz, and features breakthrough performance up to 100+ Mbps in real outdoor throughput and incredible range up to 30+ km.

The low-cost, high-performance, robust "all-in-one" design and light weight of airGridM make it versatile and ideal in several different applications.



*airGridM as a cost-effective CPE in an airMAX Point-to-Multi-Point network.*



*Use an airGridM on each side of a Point-to-Point link to create a reliable connection.*

*airGridM as a powerful wireless client.*

## Integrated airMAX Technology

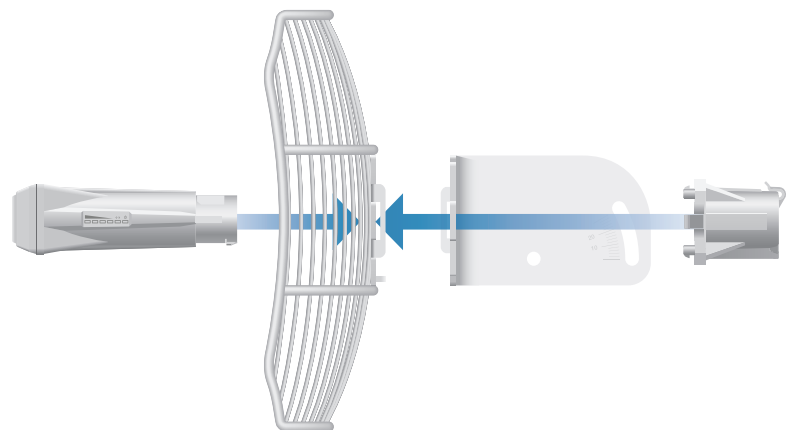
Unlike standard Wi-Fi protocol, the exclusive Ubiquiti Networks airMAX Time Division Multiple Access (TDMA) protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots managed by an intelligent AP controller. This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency.

Compared to other systems in its class, the airGridM delivers superior performance in reduced latency, throughput, and scalability.

- **Intelligent QoS** Priority is given to voice/video for seamless access.
- **Scalability** High capacity and scalability.
- **Long Distance** Capable of high-speed, 30+ km links.

## Easy, No Tool Assembly

The updated mechanical design makes assembling and disassembling the airGridM, literally, a snap. No tools are required.



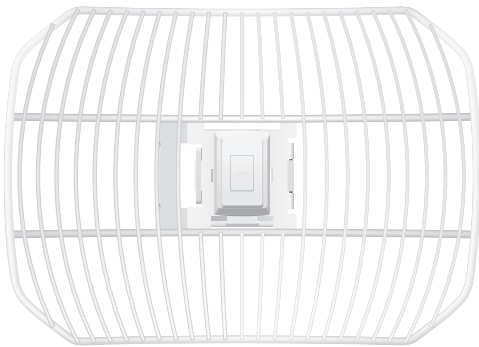
You simply snap the feed, antenna, mounting bracket and rear housing together for a secure, solid assembly.

# Models

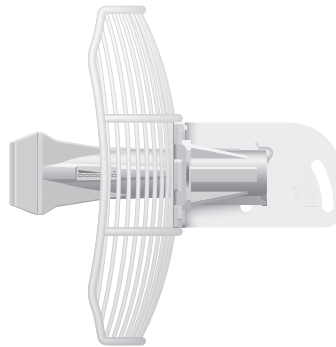
## airGrid M2 HP

Model: AG-HP-2G16

- 2412 - 2462 MHz
- 16 dBi
- Antenna Size: 370 x 270 mm



Front View

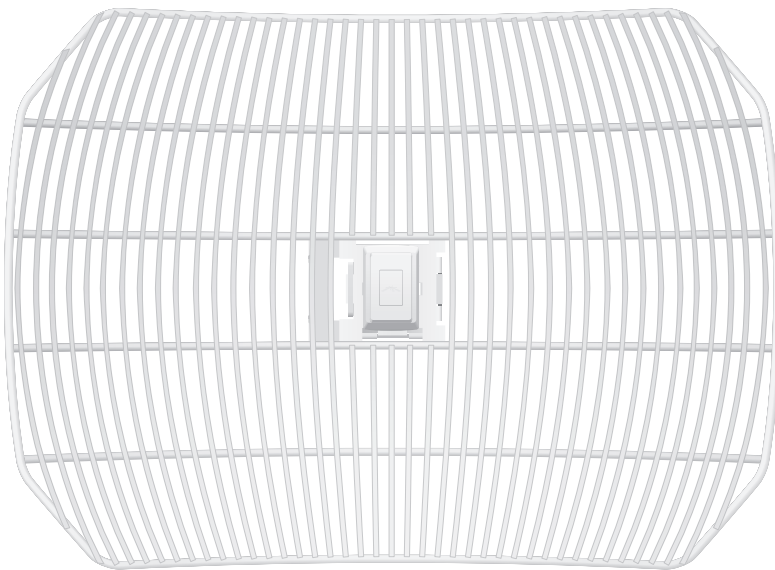


Side View

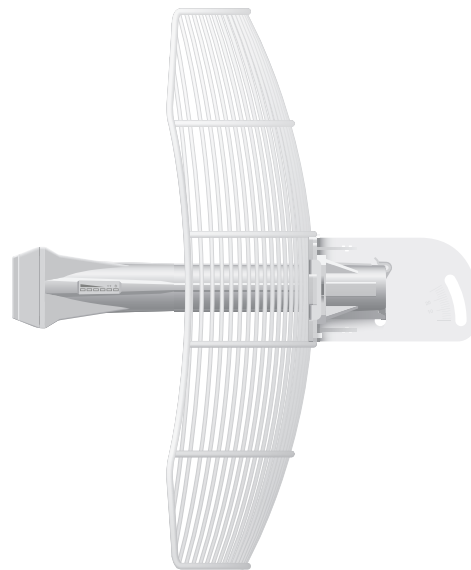
## airGrid M2 HP

Model: AG-HP-2G20

- 2412 - 2462 MHz
- 20 dBi
- Antenna Size: 620 x 460 mm



Front View



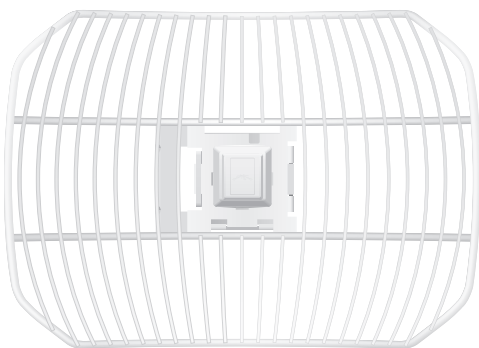
Side View

# Models

## airGrid M5 HP

Model: AG-HP-5G23

- Worldwide: 5170 – 5875 MHz
- India: 5825 – 5875 MHz
- USA: 5725 – 5850 MHz
- 23 dBi
- Antenna Size: 370 x 270 mm



Front View

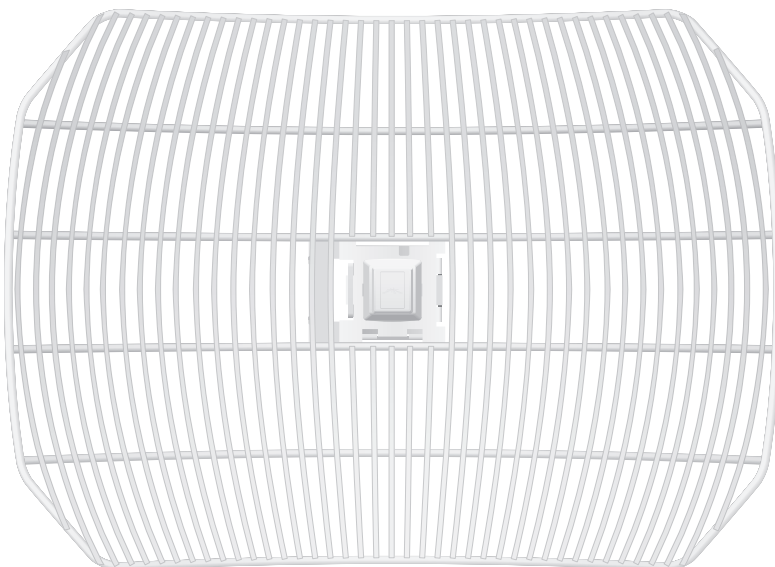


Side View

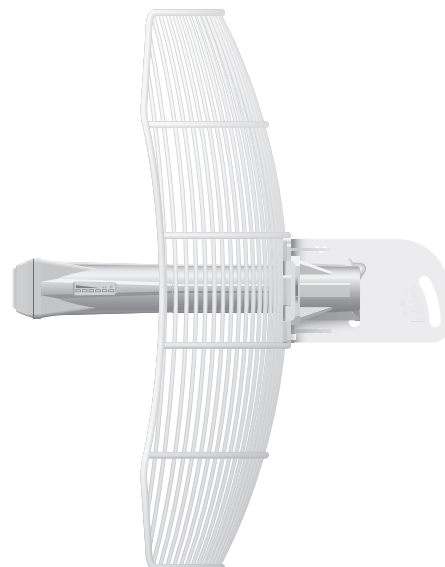
## airGrid M5 HP

Model: AG-HP-5G27

- Worldwide: 5170 – 5875 MHz
- India: 5825 – 5875 MHz
- USA: 5725 – 5850 MHz
- 27 dBi
- Antenna Size: 620 x 460 mm



Front View



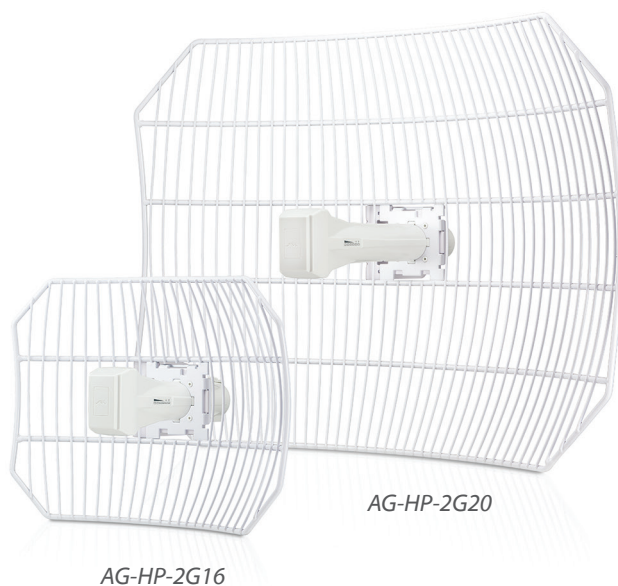
Side View

# Specifications

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory Information	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	Yes

Physical / Electrical / Environmental	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	3 W
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-30 to 75° C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2





# airGrid™ M5HP

Model: AG-HP-5G23



## AG-HP-5G23 Specifications

Dimensions	370 x 270 x 260 mm (Mount Included)
Weight	1452 g (Mount Included)
Wind Survivability	125 mph
Wind Loading	8 lbf @ 125 mph

## Antenna / Radio Information

Operating Frequency	Worldwide: 5170 – 5875 MHz USA: 5725 – 5850 MHz
Output Power	25 dBm
Max. VSWR	1.5:1
Gain	23 dBi

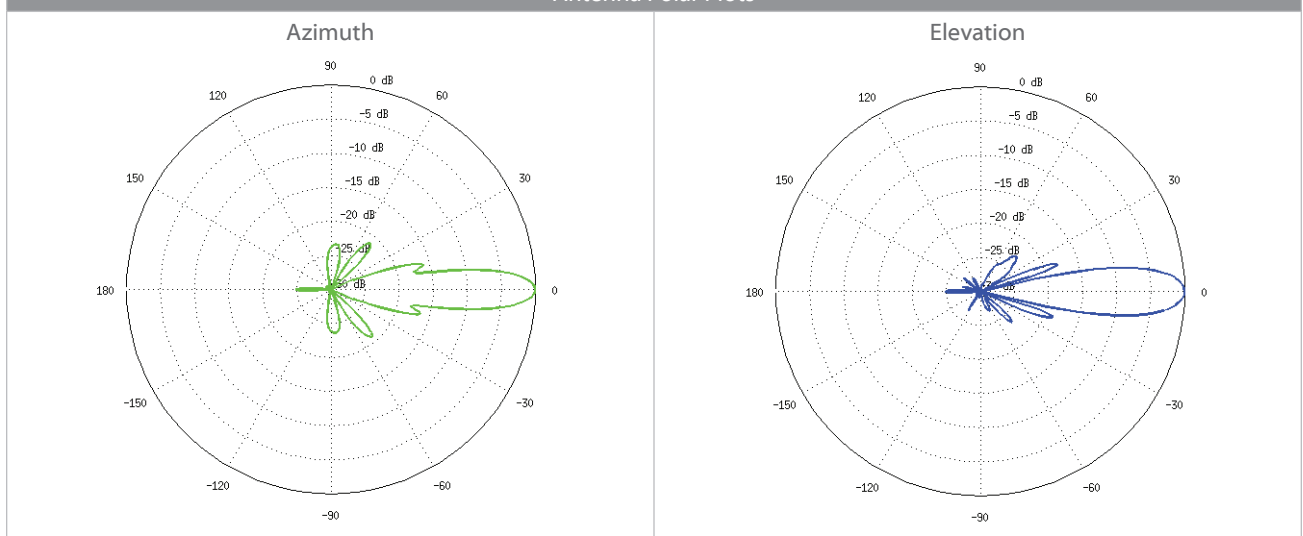
### TX Power Specifications

Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance
11a	1 - 24 Mbps	25 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	24 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	22 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	21 dBm	± 2 dB
11n / airMAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB
	MCS7	19 dBm	± 2 dB

### RX Power Specifications

Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	-86 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	-84 dBm	± 2 dB
11n / airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	-78 dBm	± 2 dB
	MCS7	-75 dBm	± 2 dB

## Antenna Polar Plots





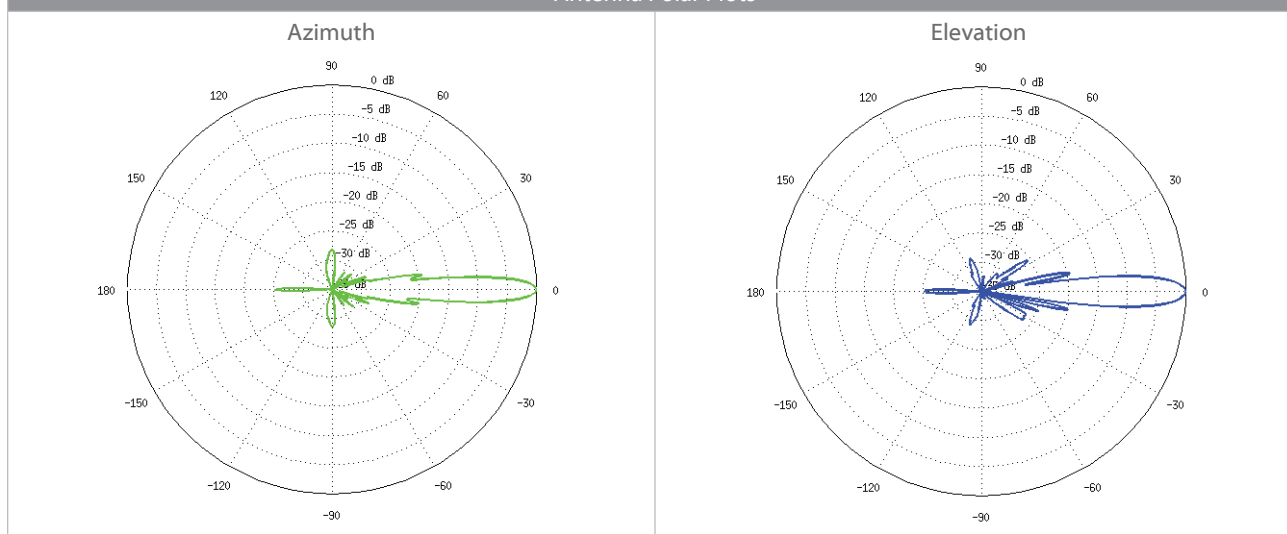
## AG-HP-5G27 Specifications

Dimensions	620 x 460 x 360 mm (Mount Included)
Weight	2585 g (Mount Included)
Wind Survivability	125 mph
Wind Loading	8 lbf @ 125 mph

## Antenna / Radio Information

Operating Frequency	Worldwide: 5170 – 5875 MHz USA: 5725 – 5850 MHz						
Output Power	25 dBm						
Max. VSWR	1.5:1						
Gain	27 dBi						
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	1 - 24 Mbps	25 dBm	± 2 dB	11a	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	36 Mbps	24 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	22 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-86 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	21 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-84 dBm	± 2 dB
11n / airMAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	11n / airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB		MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB		MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB		MCS6	-78 dBm	± 2 dB
	MCS7	19 dBm	± 2 dB		MCS7	-75 dBm	± 2 dB

## Antenna Polar Plots





# TOUGH Cable™

## OUTDOOR CARRIER CLASS SHIELDED

Protect your networks from the most brutal environments with Ubiquiti Networks' industrial-grade, shielded Ethernet cable, TOUGH Cable.

### Increase Performance

Dramatically improve your Ethernet link states, speeds, and overall performance with Ubiquiti TOUGH Cables.

### Extreme Weatherproof

Designed for outdoor use, TOUGH Cables have been built to perform even in the harshest weather and environments.

### ESD Damage Protection

Protect your networks from devastating electrostatic discharge (ESD) attacks.

### Extended Cable Support

TOUGH Cables have been developed to increase power handling performance for extended cable run lengths.



## TOUGH Cable Connectors

Specifically designed for use with Ubiquiti TOUGH Cables, TOUGH Cable Connectors protect against ESD attacks and Ethernet hardware damage, while allowing rapid field deployment without soldering. The standard TOUGH Cable Connectors are available in 100-pc. bags, while the TC-GND versions include ground wires and are available in 20-pc. bags.

# TOUGH Switch™ PoE

## Advanced Gigabit PoE Managed Switch

Introducing the Advanced Power over Ethernet Controllers, TOUGH Switch™ PoE from Ubiquiti Networks. TOUGH Switch PoE delivers reliable passive PoE and fast 10/100/1000 Mbps connectivity to attached Ubiquiti devices and other devices that support passive PoE.

To connect your PoE devices, simply enable PoE in the easy-to-use TOUGH Switch Configuration Interface. Each port can be individually configured to provide PoE, so both PoE and non-PoE devices can be connected.



UBIQUITI  
NETWORKS

www.ubnt.com

All specifications in this document are subject to change without notice.

© 2011-2013 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved.

PHJL062113



# NanoStation™ M

# NanoStation™ loco M

Indoor/Outdoor airMAX™ CPE

Models: NSM2, NSM3, NSM365, NSM5, locoM2, locoM5, locoM9

Cost-Effective, High-Performance

Compact and Versatile Design

Powerful Integrated Antenna

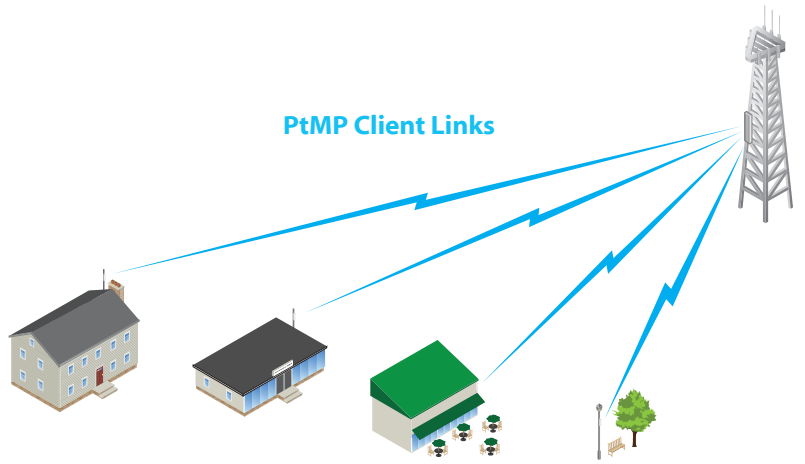


# Overview

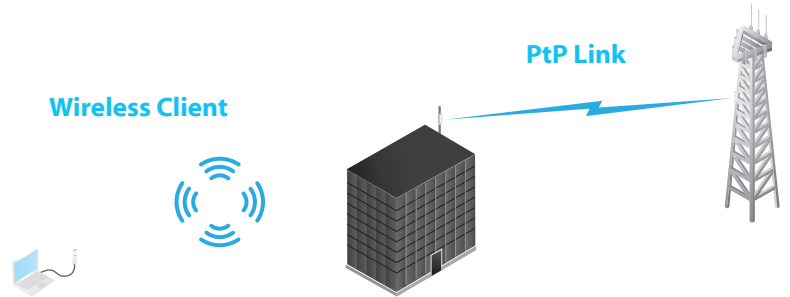
## Leading-Edge Industrial Design

Ubiquiti Networks™ set the bar for the world's first low-cost and efficient broadband Customer Premises Equipment (CPE) with the original NanoStation™. The NanoStationM and NanoStationlocoM take the same concept to the future with sleek and elegant form factors, along with integrated airMAX™ (MIMO TDMA protocol) technology.

The low cost, high performance, and small form factor of NanoStationM and NanoStationlocoM make them extremely versatile and economical to deploy.



*NanoStationM as powerful clients in an airMAX PtMP (Point-to-Multi-Point) network setup.*



*NanoStationM as a powerful wireless client.*

*Use two NanoStationM to create a PtP link.*

## Utilize airMAX Technology

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

**Intelligent QoS** Priority is given to voice/video for seamless streaming.

**Scalability** High capacity and scalability.

**Long Distance** Capable of high-speed, carrier-class links.

**Latency** Multiple features dramatically reduce noise.

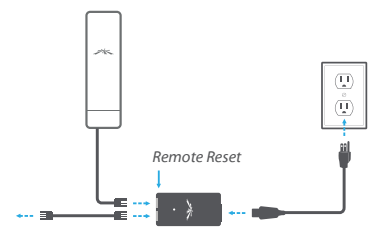
## Dual Ethernet Connectivity<sup>1</sup>

The NanoStationM provides a secondary Ethernet port with software-enabled PoE output for seamless IP video integration.



## Intelligent PoE<sup>2</sup>

Remote hardware reset circuitry of the NanoStationM allows the device to be remotely reset from the power supply location.

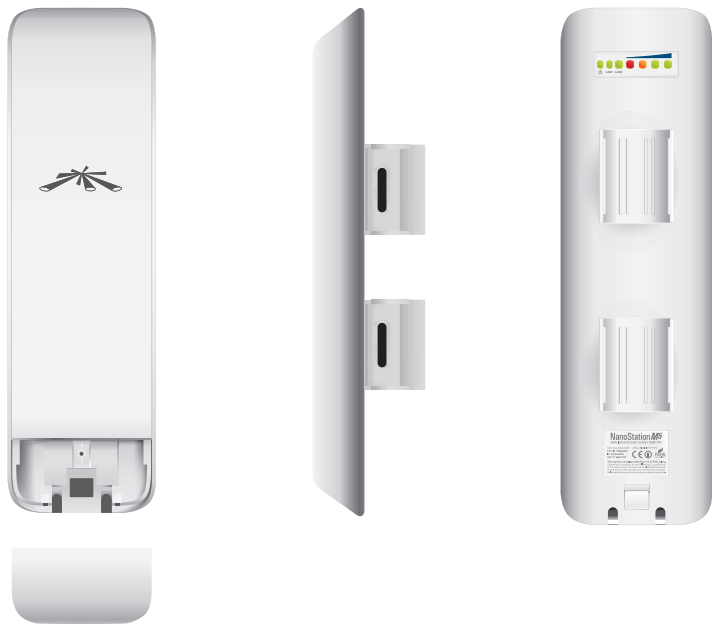


The NanoStationM may also be powered by the Ubiquiti Networks TOUGHSwitch PoE. In addition, any NanoStationM can easily become 48V, 802.3af compliant through use of the Ubiquiti Instant 802.3af Adapter (sold separately).

<sup>1</sup> Only NanoStationM models

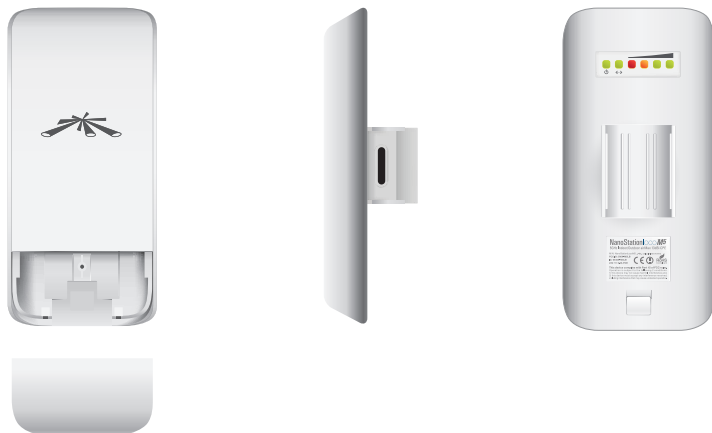
<sup>2</sup> Remote reset is an option that is sold separately as the POE-24. The NanoStationM includes a 24V PoE adapter without remote reset.

# Models



NanoStation™*M*

Model	Frequency	Gain
NSM2	2.4 GHz	11 dBi
NSM3	3 GHz	13 dBi
NSM365	3.65 GHz	13 dBi
NSM5	5 GHz	16 dBi



NanoStation™*loco M*

Model	Frequency	Gain
locoM2	2.4 GHz	8 dBi
locoM5	5 GHz	13 dBi



NanoStation™*loco M*

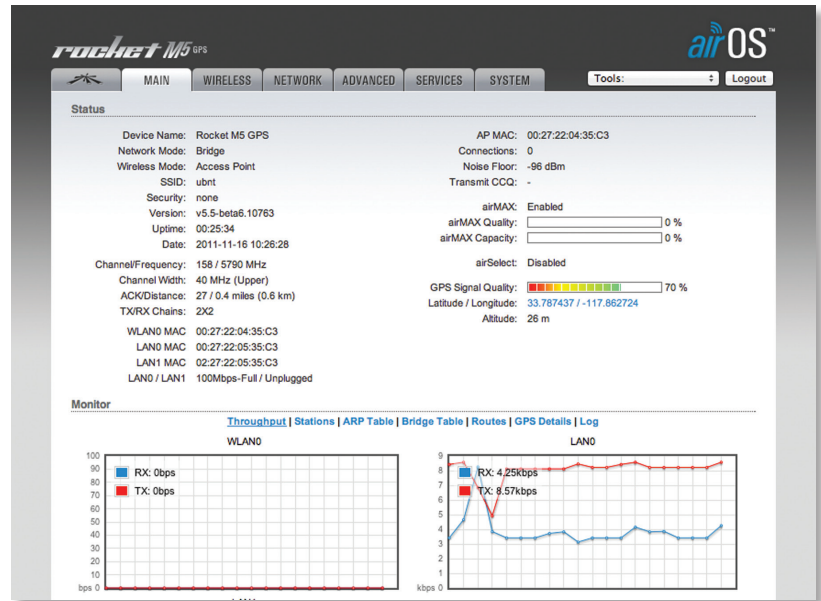
Model	Frequency	Gain
locoM9	900 MHz	8 dBi

# Software

## airOS™

airOS is an intuitive, versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture, which enables high-performance, outdoor multi-point networking.

- Protocol Support
- Ubiquiti Channelization
- Spectral Width Adjustment
- ACK Auto-Timing
- AAP Technology
- Multi-Language Support



## airView™

Integrated on all Ubiquiti M products, airView provides advanced spectrum analyzer functionality: waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

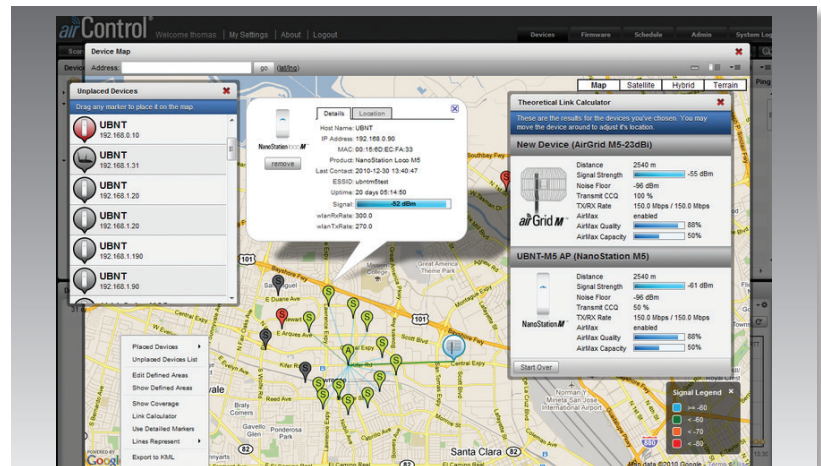
- **Waterfall** Aggregate energy over time for each frequency.
- **Waveform** Aggregate energy collected.
- **Real-time** Energy is shown in real time as a function of frequency.
- **Recording** Automize AirView to record and report results.



## airControl™

airControl is a powerful and intuitive, web-based server network management application, which allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

- Network Map
- Monitor Device Status
- Mass Firmware Upgrade
- Web UI Access
- Manage Groups of Devices
- Task Scheduling





# Specifications

System Information			
Model	NanoStationM	locoM5/M2	locoM9
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory/Compliance Information				
Model	NSM5/NSM2/locoM5/locoM2	NSM3	NSM365	locoM9
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Z	FCC Part 15.247, IC RS210
RoHS Compliance	Yes	Yes	Yes	Yes

Physical/Electrical/Environmental						
Model	NSM5	NSM3/365	NSM2	locoM5	locoM2	locoM9
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80	163 x 31 x 80	164 x 72 x 199
Weight	0.4 kg	0.5 kg	0.4 kg	0.18 kg	0.18 kg	0.9 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 1A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W	8 W	5.5 W	5.5 W	6.5 W
Gain	16 dBi	13.7 dBi	11 dBi	13 dBi	8 dBi	8 dBi
RF Connector	-	-	-	-	-	External RP-SMA
Polarization	Dual Linear					
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting	Pole Mounting Kit Included					
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)					
Operating Temperature	-30 to 75° C					
Operating Humidity	5 to 95% Condensing					
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4					

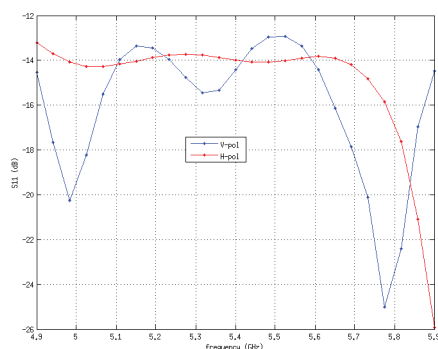
Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NSM5/locoM5	NSM365	NSM3	NSM2/locoM2	locoM9
Worldwide	5170 - 5875	3650-3675	3400-3700	2412-2462	902-928
USA	5725 - 5850				
USA DFS	5250 - 5850	-	-	-	-

# NanoStationM5 Specifications

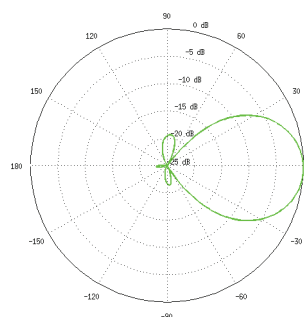
Output Power: 27 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance		Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	27 dBm	± 2 dB	11a	6-24 Mbps	-94 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	27 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	27 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	27 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	27 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	26 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	24 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	21 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	27 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	27 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	27 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	27 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	26 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	24 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	21 dBm	± 2 dB		MCS15	-75 dBm	± 2 dB

Antenna Information	
Gain	14.6 - 16.1 dBi
Cross-pol Isolation	22 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1
Beamwidth	43° (H-pol) / 41° (V-pol) / 15° (Elevation)

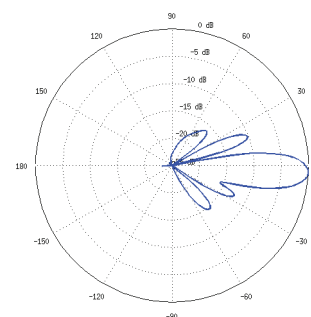
Return Loss



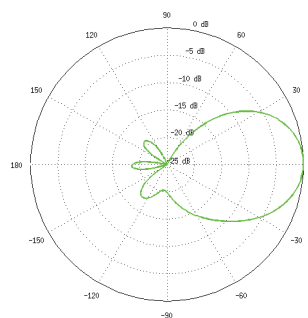
Vertical Azimuth



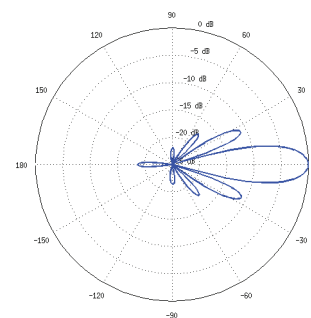
Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation





# TOUGH Cable™

## OUTDOOR CARRIER CLASS SHIELDED

Protect your networks from the most brutal environments with Ubiquiti Networks' industrial-grade, shielded Ethernet cable, TOUGH Cable.

### Increase Performance

Dramatically improve your Ethernet link states, speeds, and overall performance with Ubiquiti TOUGH Cables.

### Extreme Weatherproof

Designed for outdoor use, TOUGH Cables have been built to perform even in the harshest weather and environments.

### ESD Damage Protection

Protect your networks from devastating electrostatic discharge (ESD) attacks.

### Extended Cable Support

TOUGH Cables have been developed to increase power handling performance for extended cable run lengths.

### Bulletproof your networks

TOUGH Cable is currently available in two versions: PRO Shielding Protection and CARRIER Shielding Protection.

**TOUGH Cable PRO** is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable with an integrated ESD drain wire.

**TOUGH Cable CARRIER** is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable that features an integrated ESD drain wire, anti-crosstalk divider, and secondary shielding. It is rated to provide optimal performance on Gigabit Ethernet networks.

### Additional Information:

- 24 AWG copper conductor pairs
- 26 AWG integrated ESD drain wire to prevent ESD attacks and damage
- PE outdoor-rated, weatherproof jacket
- Multi-layered shielding
- Available in lengths of 1000 ft (304.8 m)

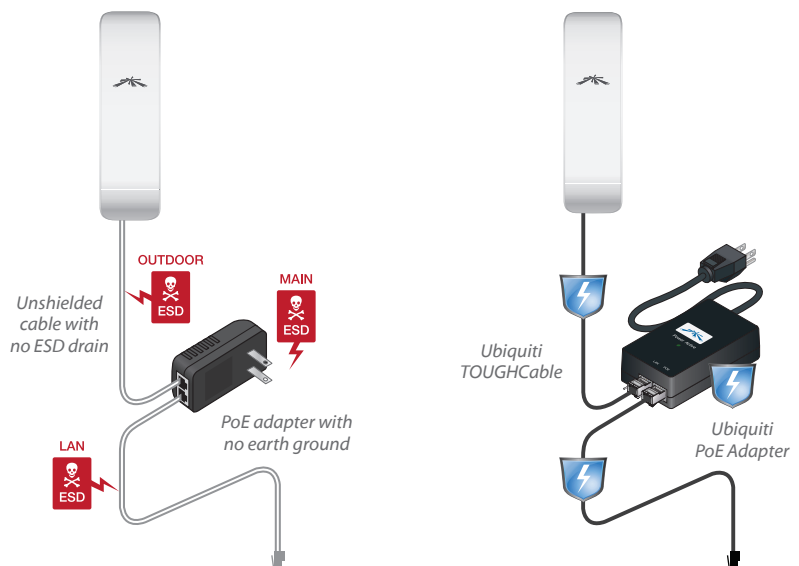


### TOUGH Cable Connectors

Specifically designed for use with Ubiquiti TOUGH Cables and available in 100-pc. bags, TOUGH Cable Connectors protect against ESD attacks and Ethernet hardware damage, while allowing rapid field deployment without soldering.

ESD attacks are the leading cause for device failures. The diagram below illustrates the areas vulnerable to ESD attacks in a network.

By using a grounded Ubiquiti Power over Ethernet (PoE) Adapter along with Ubiquiti TOUGH Cable and TOUGH Cable Connectors, you can effectively protect against ESD attacks.



www.ubnt.com

All specifications in this document are subject to change without notice.

© 2012-2013 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved.

JLRR062113



# **BULLET**<sup>TM</sup> TITANIUM

Zero-Variable Outdoor Wireless Radio

Models: BM2-Ti, BM5-Ti

Fully Integrated Radio

Weatherproof Aluminum Casing

Directly Connects to Any Antenna  
with an N-Type Connector



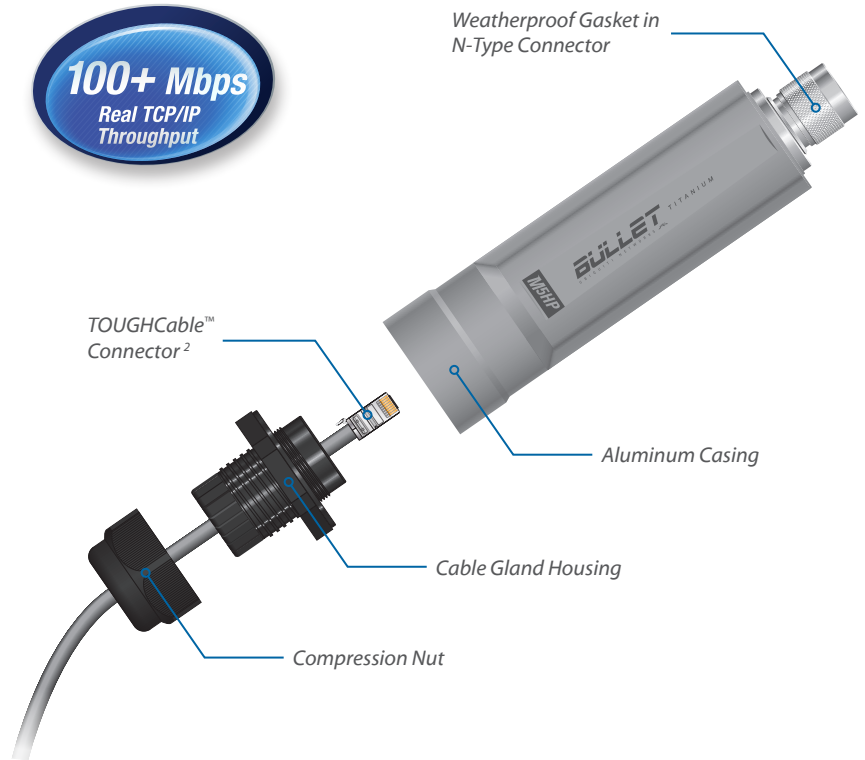
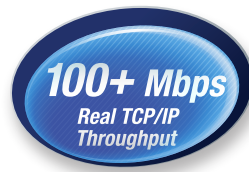
# Overview

## Revolutionary Design

The Bullet™ M Titanium is the latest version of the popular Ubiquiti Bullet. Like its predecessor, Bullet M Titanium is a wireless radio with an integrated N-Type RF connector that can be directly plugged in to any antenna<sup>1</sup> to create a powerful and robust outdoor Access Point, Client, or Bridge.

The Bullet M Titanium features a tough weatherproof design. Made from aircraft-grade aluminum, the casing is designed to withstand nature's harshest elements.

With up to 600 mW of power and enhanced receiver design, the Bullet M Titanium is ideal for long-distance links, capable of up to 100+ Mbps real TCP/IP speeds over several kilometers.



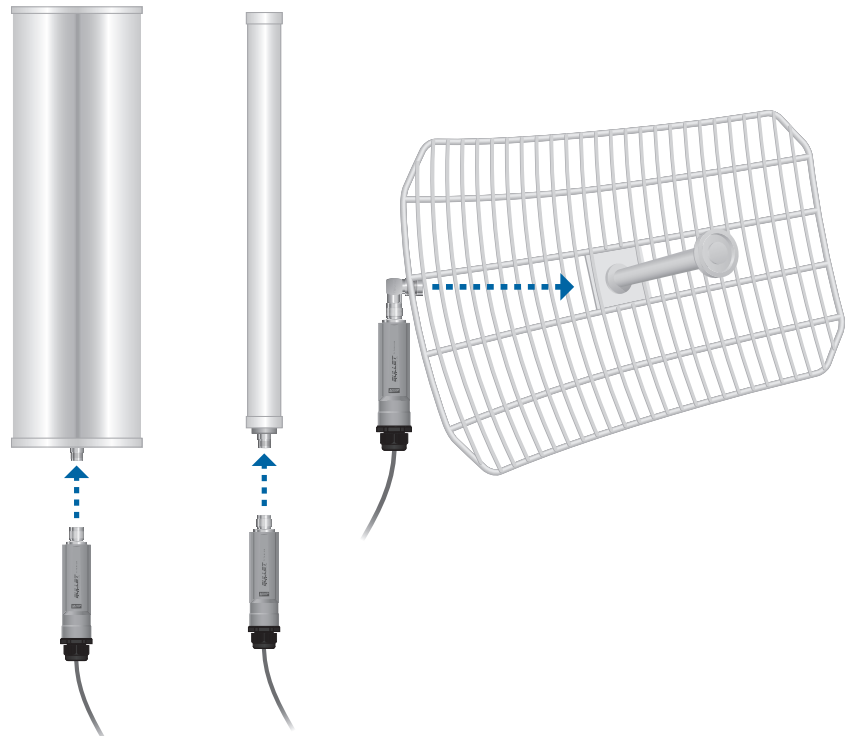
The *Bullet M Titanium* is engineered to survive extreme conditions. Featuring an upgraded aluminum casing, weatherproof N-Type connection gasket, and water-tight cable gland, the Bullet M Titanium is virtually *bullet-proof*.

## Zero-Variable Deployment

The Bullet M Titanium eliminates the need to use RF cables and requires no special antenna or tools to install. No radio card / host board issues. No RF cable quality concerns. No mechanical stability concerns. No enclosure mounting requirements. With the Bullet M Titanium, operators can just plug and go.

## Integrated airMAX™ Technology

The Bullet M Titanium can instantly become a powerful TDMA BaseStation utilizing Ubiquiti's breakthrough airMAX technology. With airMAX, PtMP networks can scale gracefully while maintaining high throughput and low latency performance.



Any antenna<sup>1</sup> can easily be transformed into a powerful and robust Ubiquiti Access Point, Client, or Bridge by simply plugging in the Bullet M Titanium.

<sup>1</sup> Bullet M Titanium can be connected to any antenna with an N-Type female connector.

<sup>2</sup> For optimal performance and equipment protection, use Ubiquiti TOUGH Cable shielded Ethernet cables.

# Software



airOS is a versatile, highly developed Ubiquiti firmware technology. It is exceptionally intuitive and was designed to require no training to operate. Behind the user interface is a powerful firmware architecture that enables high-performance, outdoor multipoint networking.

- Protocol Support
- Channel Shifting
- Spectral Width Adjustment
- ACK Auto-Timing
- AAP Technology
- Multiple VLAN Support
- DHCP Relay
- Multi-Language Support



Integrated on all Ubiquiti M products, airView provides advanced spectrum analyzer functionality: waterfall, waveform, and real-time spectral views allow operators to identify noise signatures and plan their networks to minimize noise interference.

**Waterfall** Aggregate energy over time for each frequency.

**Waveform** Aggregate energy collected.

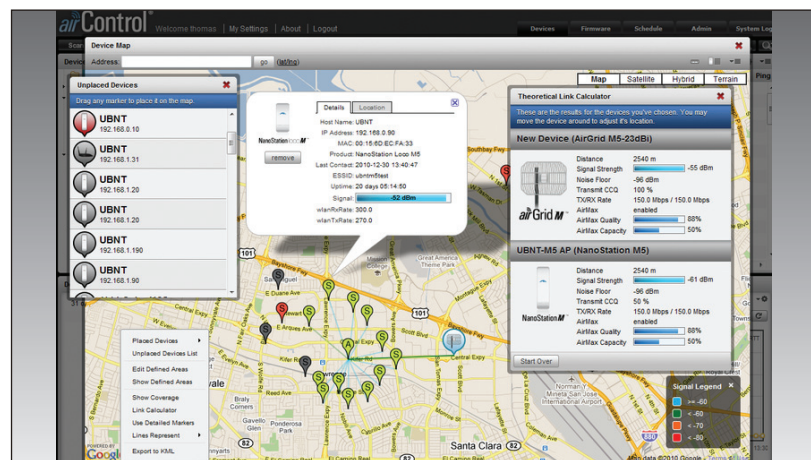
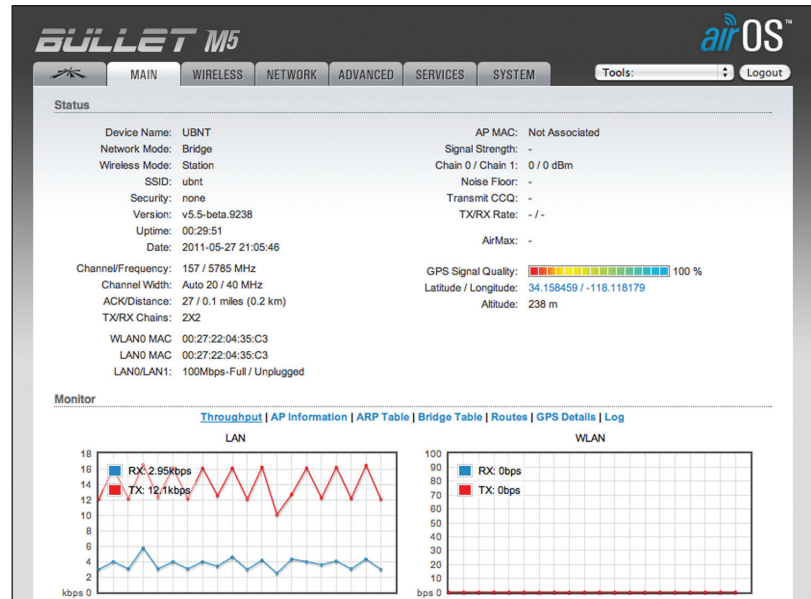
**Real-time** Energy is shown in real-time as a function of frequency.

**Recording** Automate airView to record and report results.



airControl is a powerful and intuitive Web-based server network management application that allows operators to centrally manage entire networks of Ubiquiti devices.

- Network Map
- Monitor Device Status
- Mass Firmware Upgrade
- Web UI Access
- Manage Groups of Devices
- Task Scheduling





# Specifications

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory Information	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	Yes
Physical / Electrical / Environmental	
Dimensions	190 x 46 mm
Weight	196 g
Enclosure Characteristics	Powder Coated Aluminum
Antenna Connector	N-Type Connector (male)
Power Supply	24V, 0.5A PoE Adapter (included)
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)
Max. Power Consumption	
BM2-Ti	7 Watts
BM5-Ti	6 Watts
Operating Temperature	-40 to 80° C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
Software Information	
Modes	Station, Access Point, AP Repeater
Services	SNMP, DHCP, NAT
Utilities	Site Survey with Preferred SSID, Antenna Alignment Tool, Discovery Utility
Security	WEP/WPA/WPA2
QoS	802.11e / WMM Support
Statistical Reporting	Ethernet Activity, Uptime, Packet Success/Errors



# Specifications

Bullet M2 Titanium - Operating Frequency 2412 - 2462 MHz							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
	Data Rate	Avg. TX	Tolerance		Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11b/g	6-24 Mbps	28 dBm	+/-2 dB	11b/g	24 Mbps	-83 dBm	+/-2 dB
	36 Mbps	25 dBm	+/-2 dB		36 Mbps	-80 dBm	+/-2 dB
	48 Mbps	24 dBm	+/-2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/-2 dB
	54 Mbps	23 dBm	+/-2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/-2 dB
11n	MCS0	28 dBm	+/-2 dB	11n	MCS0	-96 dBm	+/-2 dB
	MCS1	28 dBm	+/-2 dB		MCS1	-95 dBm	+/-2 dB
	MCS2	28 dBm	+/-2 dB		MCS2	-92 dBm	+/-2 dB
	MCS3	28 dBm	+/-2 dB		MCS3	-90 dBm	+/-2 dB
	MCS4	27 dBm	+/-2 dB		MCS4	-86 dBm	+/-2 dB
	MCS5	25 dBm	+/-2 dB		MCS5	-83 dBm	+/-2 dB
	MCS6	23 dBm	+/-2 dB		MCS6	-77 dBm	+/-2 dB
	MCS7	22 dBm	+/-2 dB		MCS7	-74 dBm	+/-2 dB
Output Power			28 dBm				
Range Performance			50+ km (Outdoor - Antenna Dependent)				

Bullet M5 Titanium - Operating Frequency 5170 - 5825 MHz*							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
	Data Rate	Avg. TX	Tolerance		Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	1-24 Mbps	25 dBm	+/-2 dB	11a	24 Mbps	-83 dBm	+/-2 dB
	36 Mbps	23 dBm	+/-2 dB		36 Mbps	-80 dBm	+/-2 dB
	48 Mbps	21 dBm	+/-2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/-2 dB
	54 Mbps	20 dBm	+/-2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/-2 dB
11n / airMAX	MCS0	25 dBm	+/-2 dB	11n / airMAX	MCS0	-96 dBm	+/-2 dB
	MCS1	25 dBm	+/-2 dB		MCS1	-95 dBm	+/-2 dB
	MCS2	25 dBm	+/-2 dB		MCS2	-92 dBm	+/-2 dB
	MCS3	25 dBm	+/-2 dB		MCS3	-90 dBm	+/-2 dB
	MCS4	24 dBm	+/-2 dB		MCS4	-86 dBm	+/-2 dB
	MCS5	22 dBm	+/-2 dB		MCS5	-83 dBm	+/-2 dB
	MCS6	20 dBm	+/-2 dB		MCS6	-77 dBm	+/-2 dB
	MCS7	19 dBm	+/-2 dB		MCS7	-74 dBm	+/-2 dB
Output Power			25 dBm				
Range Performance			50+ km (Outdoor - Antenna Dependent)				

\* Only 5725 - 5850 MHz supported in the USA

# TOUGH Cable™

## OUTDOOR CARRIER CLASS SHIELDED

Protect your networks from the most brutal environments with Ubiquiti Networks' industrial-grade, shielded Ethernet cable, TOUGH Cable.

### Increase Performance

Dramatically improve your Ethernet link states, speeds, and overall performance with Ubiquiti TOUGH Cables.

### Extreme Weatherproof

Designed for outdoor use, TOUGH Cables have been built to perform even in the harshest weather and environments.

### ESD Damage Protection

Protect your networks from devastating electrostatic discharge (ESD) attacks.

### Extended Cable Support

TOUGH Cables have been developed to increase power handling performance for extended cable run lengths.

## Bulletproof your networks

TOUGH Cable is currently available in two versions: PRO Shielding Protection and CARRIER Shielding Protection.

**TOUGH Cable PRO** is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable with an integrated ESD drain wire.

**TOUGH Cable CARRIER** is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable that features an integrated ESD drain wire, anti-crosstalk divider, and secondary shielding. It is rated to provide optimal performance on Gigabit Ethernet networks.

### Additional Information:

- 24 AWG copper conductor pairs
- 26 AWG integrated ESD drain wire to prevent ESD attacks and damage
- PE outdoor-rated, weatherproof jacket
- Multi-layered shielding
- Available in lengths of 1000 ft (304.8 m)

**TERMS OF USE:** Ubiquiti radio devices must be professionally installed. Shielded Ethernet cable and earth grounding must be used as conditions of product warranty. TOUGH Cable is designed for outdoor installations. It is the installer's responsibility to follow local country regulations, including operation within legal frequency channels, output power, indoor cabling requirements, and Dynamic Frequency Selection (DFS) requirements.

For further information, please visit [www.ubnt.com](http://www.ubnt.com).

All specifications in this document are subject to change without notice.

© 2012 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved.

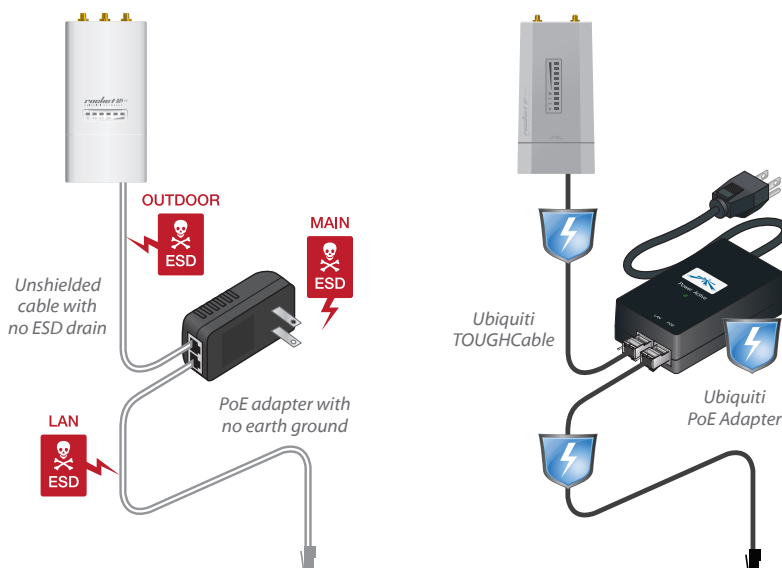


## TOUGH Cable Connectors

Specifically designed for use with Ubiquiti TOUGH Cables and available in 100-pc. bags, TOUGH Cable Connectors protect against ESD attacks and Ethernet hardware damage, while allowing rapid field deployment without soldering.

ESD attacks are the leading cause for device failures. The diagram below illustrates the areas vulnerable to ESD attacks in a network.

By using a grounded Ubiquiti Power over Ethernet (PoE) Adapter along with Ubiquiti TOUGH Cable and TOUGH Cable Connectors, you can effectively protect against ESD attacks.



[www.ubnt.com](http://www.ubnt.com)

RRPH062712



# MINI-LINK™ TN , ETSI

## SDH Offering

Microwave solutions with room for expansion



MINI-LINK TN contains the Ericsson Short-haul SDH offering in a powerful combination with PDH and Ethernet. It provides a split SDH solution for flexible, scalable and cost-effective wireless transmission, targeting 2G and 3G as well as fixed and broadband applications, and offers advantages such as flexible network design, fast implementation and carrier class networks.

Except from working as a stand-alone SDH product, SDH and PDH modems can also be used in the same magazine. This holds true for all MINI-LINK TN magazines and paves the way for a powerful combination, where PDH and SDH traffic can easily be mixed. Furthermore, rack space is reduced substantially and spare parts can be shared.

Ericsson provides one common radio unit for the complete MINI-LINK point-to-point portfolio.

MINI-LINK RAU N stands for agility, handling modulation schemes from CQPSK to 128 QAM and capacities from a single E1 up to 2xSTM-1. MINI-LINK has been in operation all over the world for over 30 years, and remains the market leader when it comes to MTBF.

MINI-LINK HC finds its place in all kind of networks, whether it's about new roll-out, expansion or migration.

### Key features

- MINI-LINK TN building practice
- Combine PDH and SDH
- Spectrum efficiency
- Any frequency and modulation
- Soft Keys for flexibility
- Advanced protection mechanisms
- Efficient management systems

### **MINI-LINK TN building practice**

The traffic node concept in MINI-LINK TN reduces rack space requirements with up to 70% and at the same time lowers CAPEX as well as OPEX. The minimized use of cables and site equipment results in few site visits, fast installation and provisioning, easy expansion and improved network quality.

The modular building practice offers scalable high capacity nodes, suitable for all types of SDH hub sites. With the different magazines and optional features available, a tailor made solution can be configured, starting from a single radio link to a fully-fledged node.

The high-speed bus architecture in MINI-LINK TN is prepared for optional features and additional interfaces to be added. MINI-LINK TN is future proof.

### **Combine PDH and SDH**

MINI-LINK TN SDH modems can be used in any MINI-LINK TN magazine, providing a highly compact and cost-efficient way to mix PDH and SDH.

For example, this allows aggregation of several PDH links into one protected northbound STM-1 connection.

### **Spectrum efficiency**

By using Co-Channel Dual Polarization (CCDP) together with XPIC, 2xSTM-1 capacity can be carried in one frequency channel. This is a powerful feature when frequency space is limited and expensive. The SDH offer in MINI-LINK TN also supports other polarization schemes such as ACAP and ACCP.

### **Any frequency and modulation**

MINI-LINK TN operates within the 6 to 38 GHz frequency bands, utilizing 16, 64 and 128 QAM modulation schemes for STM-1.

The advanced microwave technology deployed in MINI-LINK TN includes modulation agile radio terminals. This flexibility together with the powerful bus architecture of MINI-LINK TN makes it easy to re-configure networks from a remote location, by software control.

### Soft Keys for flexibility

The traffic in the transmission networks will change in the future, both in terms of capacity and different traffic scenarios. In order to support at true "invest-as-you-grow" strategy, MINI-LINK TN supports several optional features, enabled by Soft Keys. For an installed node, new features or functions can be added locally or remote, without any hardware change.

### Advanced protection mechanisms

MINI-LINK TN supports reliable ring and mesh structures. It is media independent, meaning that a combination of microwave, fiber and copper can be used in a ring.

By utilizing the supported protection features, the traffic handling function in the nodes will have no single point of failure. The separation of traffic and control makes the system highly robust and enables, for example, hot-swap of plug-in boards.

### Efficient management systems

MINI-LINK ServiceOn Microwave is a powerful network element manager for centralized operation and maintenance of all microwave radio equipment supplied by Ericsson. It can be used as a standalone system, or integrated in a higher level network management environment using standard protocols. The network control and flexibility provided by the MINI-LINK ServiceOn Microwave translate into low operating costs, quick return on investment and a long-term contribution to profitability.

MINI-LINK HC has an integrated IP router in each node for handling of the DCN traffic. The IP DCN can also be used as transport channel for other equipment O&M data. A number of different alternatives to connect and transport DCN traffic are supported.



*AMM 2p, AMM 6p and AMM 20p - Scalable microwave nodes designed for networks.*

## Technical data (SDH)

Frequency (GHz)	6L	6U	7	8	11	13	15	18	23	24	26	28	32	38
RF output power (dBm)														
16 QAM	+26	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+17	+18	+15	+15	+17	+17	+14
64 QAM	+24	+24	NA	NA	+20	+19	+18	+17	+16	+14	+14	+15	+15	+12
128 QAM	+24	+24	+24	+24	+20	+19	+18	+17	+16	+14	+14	+15	+15	+12
Min. RF output power (dBm)														
	+8	+8	+8	+8	-7	-2	-2	+1	-2	-5	-5	-3	-3	-5
Receiver threshold (dBm), BER 10 <sup>-6</sup>														
16 QAM	+75	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-75	-74	-73.5	-73.5	-73.5	-72	-71
64 QAM	-71	-71	NA	NA	-70.5	-70	-70	-71	-70	-69.5	-69.5	-69.5	-68	-67
128 QAM	-69	-69	-69	-69	-68.5	-68	-68	-69	-68	-67.5	-67.5	-67.5	-66	-65
ATPC		Available in all frequency bands												
Channel spacing														
16 QAM	50/55/56 MHz													
64 QAM	40 MHz													
128 QAM	27.5/28/29.65/30 MHz													
SDH transmission capacity		155.52 <sup>1</sup> MBit/s (311.04 <sup>1</sup> MBit/s with XPIC)												
<sup>1</sup> Excluding wayside channel														
Frequency stability		± 10 ppm												
Antennas		0.2/0.3/0.6/1.2/1.8 m compact antennas for integrated and separate installation 2.4/3.0/3.7 m antennas for separate installation												
Integrated power splitters		Available in symmetrical and asymmetrical versions												
Protection		1+1 Microwave radio protection, Equipment and Line Protection (supporting MSP), Extended Equipment Protection (optionally with split/combine of the optical line)												
Power supply (redundant)		-48 V DC and +24 V DC (+60 V available with external DC/DC converter)												
Power consumption														
Radio Terminal (1+0)	41.9-61.2 W (depending on configuration)													
Basic Node: AMM 2p/6p D	11W <sup>1</sup> / 27W <sup>1</sup>													
<sup>1</sup> including node processor, power filtering and fan (AMM 6p D)														
Weights and Dimensions (HxWxD)														
Radio unit 6L/6U/7/8/18 GHz					7 kg/411x326x144 mm				15.4lb/16.2x12.8x5.7 in					
Radio unit 13/15/23/24/26/28/32/38 GHz					4 kg/321x260x97 mm				8.8 lb/12.6x10.2x3.8 in					
Basic Node: AMM 2p					2.4 kg <sup>1</sup> /44x(448/438) <sup>2</sup> x236 <sup>3</sup> mm				5.3 lb <sup>1</sup> /1.7x17.6 <sup>2</sup> x9.4 <sup>3</sup> in					
Basic Node: AMM 6p D					6.4 kg <sup>1</sup> /133x438 <sup>2</sup> x240 <sup>3</sup> mm				14.1 lb <sup>1</sup> /5.2x17.2 <sup>2</sup> x9.4 <sup>3</sup> in					
Plug-in unit					0.5-0.7 kg/265x225x20				1.1-1.5 lb/10.4x8.9x0.8 in					
<sup>1</sup> including node processor, power filtering and fan (AMM 6p D)		<sup>2</sup> 483 mm/19.0 in with mounting brackets				<sup>3</sup> 280 mm/11.0 in with mounting brackets and connectors								
Traffic interfaces						Auxiliary channels								
STM-1 Electrical ITU-T G.703						1 x 64 kbit/s ITU-T G.703								
STM-1 Optical S-1.1 ITU-T G.957						1 x 64 kbit/s ITU-T V.11								
OC-3 Bellcore GR-253-CORE														
1 x 2 Mbit/s ITU-T G.703 or 1 x 1.5 Mbit/s ANSI T1.102														
Standards and recommendations														
CEN/CENELEC, ETSI, ANSI, ITU, IEC, IEEE, IETF														
Operational temperature						Data Communication Network								
-50°C to + 60°C (outdoor, full functionality)						DCN interface via 10 BASE-T, ITU-T G.703 or ANSI T1.10								
-25°C to + 55°C (indoor, full functionality)						In-bound transport over STM-1 and Microwave								

## Ericsson AB

Transmission & Transport Networks  
SE-431 84 Mölndal, Sweden  
Telephone +46 31 747 00 00  
Fax +46 31 27 72 25  
www.ericsson.com

EN/LZT 108 9230 R1

© Ericsson AB 2006

All technical data is typical and is subject to change without notice